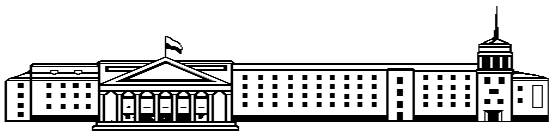
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ»



ЖУРНАЛ УНИВЕРСИТЕТА ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Выпуск 2 (10)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Барышников С. О. (*главный редактор*)
Решняк В. И. (*ответственный редактор*)
Гладков Г. Л.
Гарибин П. А.
Колосов М. А.
Безюков О. К.
Иванченко А. А.
Веселков В. В.
Сикарев А. А.
Пантина Т. А.
Буянова Л. Н.
Скобелева И. П.
Каратаев О. Г.
Курошева Г. М.
Голоскоков Д. П.
Ныркова А. П.
Зубрилов С. П.
Попов Б. Н.
Лиходей О. А.
Ушакова Г. В.
Некрасов С. Н.
Климов Е. Н.
Посашкова С. Е. (*ответственный секретарь*)

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2011

ББК 95
я5

Журнал университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2011. — 218 с. (Вып. 2).

ISSN 2073-6169

Журнал является научно-образовательным периодическим изданием, зарегистрированным Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия (Свидетельство о регистрации средства массовой информации от 22 февраля 2008 г. ПИ № ФС77-312188).

В Журнале публикуются:

— результаты диссертационных работ, теоретических и экспериментальных исследований по направлениям научной деятельности отраслевых вузов и научно-исследовательских институтов;

— статьи методологического и методического характера по актуальным проблемам развития отечественного и зарубежного водного транспорта;

— обзорные материалы научных конференций, семинаров, совещаний по проблемам развития водного транспорта;

— материалы в области повышения эффективности образовательного процесса вуза;

— сообщения и статьи к юбилейным датам и знаменательным событиям университета и его ведущих ученых.

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ.

ББК 95

ISSN 2073-6169
9 772073 616785 >

© Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций, 2011

ISSN 2073-6169

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

1. *ИСАЕВА Анна Андреевна* — заместитель директора Департамента государственной политики в области морского и речного транспорта Минтранса России, кандидат экономических наук, доцент.

2. *ГУСМА Станислав* — ректор Морского университета (Щецин, Польша), доктор наук, профессор.

3. *ЕГОРОВ Геннадий Вячеславович* — генеральный директор ЗАО «Морское инженерное бюро — СПб», доктор технических наук, профессор.

4. *КАРМАЗИНОВ Феликс Владимирович* — доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии России, почетный гражданин Санкт-Петербурга.

5. *ЮСУПОВ Рафаэль Мидхатович* — директор Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки и техники РФ.

6. *СМИРНОВ Николай Григорьевич* — президент Ассоциации судоходных компаний, кандидат технических наук.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций»

объявляет прием в аспирантуру на 2011/12 учебный год по очной и заочной формам обучения по специальностям:

05.02.04	**Трение и износ в машинах**
05.05.04	**Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины**
05.08.01	**Теория корабля и строительная механика**
05.08.04	**Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства**
05.08.05	**Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)**
05.09.03	**Электротехнические комплексы и системы**
05.13.06	**Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт)**
05.13.18	**Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**
05.22.17	**Водные пути сообщения и гидрография**
05.22.19	**Эксплуатация водного транспорта, судовождение**
05.23.07	**Гидротехническое строительство**
05.25.05	**Информационные системы и процессы**
07.00.09	**Историография, источниковедение и методы исторического исследования**
08.00.05	**Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности, в том числе: экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (транспорт); управление инновациями)**
08.00.12	**Бухгалтерский учет, статистика**
09.00.03	**История философии**
13.00.08	**Теория и методика профессионального образования**
24.00.01	**Теория и история культуры**
25.00.36	**Геоэкология**

Документы, представляемые при поступлении в аспирантуру:

- Заявление о приеме в аспирантуру (подается на имя ректора СПГУВК)
- Личный листок по учету кадров с двумя фотографиями, заверенный по месту работы или учебы;
- Копия диплома о высшем образовании и приложения к нему (диплом специалиста или магистра);
- Список опубликованных научных работ или реферат;
- Автобиография;
- Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов (при наличии у поступающих сданных кандидатских экзаменов);

Поступающие в аспирантуру сдают вступительные экзамены в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования:

- ✓ Специальную дисциплину;
- ✓ Философию;
- ✓ Иностранный язык.

Прием документов осуществляется с 1 по 30 июня и с 15 августа по 5 сентября 2011 г.
Вступительные экзамены с 12 сентября 2011 г.

Документы направлять по адресу:
198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
Тел. (812) 251-62-29; местный 351; каб. 261

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ



Международная научно-практическая конференция

«Водный транспорт Европы: интеграция, инвестиции, инновации»

20 СЕНТЯБРЯ 2011

НЕВА 2011

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ.
20-23 СЕНТЯБРЯ 2011

ОДИННАДЦАТАЯ ЮБИЛЕЙНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ПО СУДОСТРОЕНИЮ, СУДОХОДСТВУ, ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВ,ОСВОЕНИЮ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА

тел./факс 8 (812) 251 49 43
тел./факс 8 (812) 251 52 37
e-mail: mnpk@mail.ru
www.spbuwc.ru/раздел конференции/

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ 8

Колосов М. А., Смирнов В. Н., Исаев Д. И., Валькович Я. М. Результаты исследования температурного и гидрологического режимов акватории пассажирского терминала «Морской фасад» 8
Матросов А. В. Численно-аналитический расчет балок-стенок на линейно-упругом основании 14
Болбин С. Н., Васин А. В. Результаты расчета методом потоков жидкости граничных элементов 21
Моргунов К. П., Глущенко А. В. Анализ устойчивости паропроводов на основе математического моделирования 25

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА 32

Безюков О. К., Макарьев Е. В. Автоматизированная система сбора, хранения и обработки информации о судовом оборудовании 32
Кардаков А. А. Повышение надежности топливной аппаратуры дизелей кавитационной обработкой топлива....43
Румянцева Г. Н., Барщевский Г. Е. Прогнозирование качества судовых автоматизированных электроэнергетических систем 46
Настасенко В. О., Подкоритов А. М. Современная концепция развития судовых двигателей внутреннего сгорания 50
Хассан Мелкауи. Способы сушки судовых синхронных генераторов в эксплуатационных условиях 57

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ 62

Погодаев Л. И., Кузьмин А. А., Ежов Ю. Е., Донских Д. Ф. Восстановление рабочих устройств земснарядов износостойкими наплавками 62
Иванов В. Ю. К вопросу влияния толщины вкладыша на напряженное и деформированное состояние шарнира 70
Гаврилюк Р. Н. Прочностная оценка подшипников качения судового валопровода 73
Шишкин В. А., Окунев В. Н. Перспективы использования амфибийных судов на воздушной подушке в сфере туризма на водном транспорте 78
Ляховицкий А. Г., Недошивин А. И. Скоростные суда для водного туризма 82
Малышева Т. И. Перспективы развития пассажирского судостроения в России 86
Мамедова Л. Э. Способы эффективного использования ресурсов судостроительного предприятия 91

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 98

Ныркov А. П., Дмитриева Т. В. Математическая модель резервирующей системы и оптимизация ее работы 98
Абдикаримов Р. А., Голоскоков Д. П. Численное исследование нелинейных колебаний вязкоупругих пластин переменной толщины 102

Пасевич Веслав. Анализ процессов мультимодальных грузовых перевозок на базе логико-логистичекой матрицы и задачи формирования АСУ мультимодальными транспортными системами 108
Кузьмин А. А., Тарануха С. Н. Информационно-образовательная среда как фактор качественного изменения профессионального образования 113
Бабурин В. А., Марлей В. Е. Автоматизация моделирования в процессе преподавания экономических дисциплин 119

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ 130

Одерышев А. В. Оценка риска: обзор существующих методик идентификации опасностей 130
Журавлев В. М. Транкинговая радиосвязь телекоммуникационных каналов в информационно-иерархических триадах на водном транспорте 136
Ульянов Г. Н., Колесниченко С. В., Иванов С. А. Развитие систем локальной навигации 142

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 148

Костюничев Д. Н., Отделкин Н. С. Оценка влияния открытых складов для хранения сыпучих грузов на окружающую среду 148
Каленков А. Н., Наумов В. С. Оценка загрязнения дна водоема при разливах нефтепродуктов на внутренних водных путях 150
Евдокимова Л. О. Методология оценки природно-ресурсного потенциала для развития экологического туризма в регионе 154

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ 159

Мальцева И. И. Применение CASE-средств для оптимизации бюджетного финансирования инвестиционных проектов на морском транспорте 159
Комарова Т. И. Инвестиции в обновление основного капитала судостроения 170
Быкова Е. Н. Проблемы развития портовых особых экономических зон в России 175
Селезнева Н. Н., Забелло А. С. Оценка стоимости транспортной компании на основе концепции добавленной стоимости 179
Григорян М. Г. Управление изменениями на транспортном предприятии 192
Смирнов А. Б. Управление ресурсной базой в туриндустрии 197
Дулесова В. А. Формирование системы управления мотивацией персонала в условиях инновационного развития железнодорожного транспорта 205
Сапронов В. Н. Критический обзор современных методов оптимизации грузовой базы морских нефтеналивых терминалов 211

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

УДК 626.45:656.62.052.1

М. А. Колосов,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

В. Н. Смирнов,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

Д. И. Исаев,
канд. техн. наук, доцент,
СПГМУ;

Я. М. Валькович,
ОАО «Терра-Нова»

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО И ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ АКВАТОРИИ ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА «МОРСКОЙ ФАСАД»

RESULTS OF RESEARCH OF A TEMPERATURE AND HYDROLOGICAL MODE OF WATER AREA OF THE PASSENGER TERMINAL “THE SEA FACADE”

Рассматриваются результаты измерения температуры воды на разных горизонтах, толщины ледового покрова, а также скоростей и направления течений на акватории Морского пассажирского терминала Санкт-Петербург в 2008–2009 гг., приводится краткий анализ результатов.

Results of measurement of temperature of water on different horizons, thickness of an ice cover, and also speeds and directions of currents on water area of the Sea passenger terminal St.-Petersburg in 2008–2009 are examined; the brief analysis of results is resulted.

Ключевые слова: акватория, измерения, температура, ветер, течения, ледяной покров, снежный покров.

Key words: water area, measurements, temperature, the wind, currents, the ice cover, the snow cover.

АКВАТОРИЯ пассажирских причалов «Морской фасад» распложена в западной части Васильевского острова на вновь образуемых территориях, сформированных в мелководной части Финского залива.

Акватория представляет собой бассейн прямоугольной формы. Бассейн сформирован северным и южным молами, на которых размещаются причалы (по два причала). На восточной фронтальной линии размещены три причала (рис. 1).

Проектная глубина акватории 11,5 м. Все причалы рассчитаны на швартовку и обслуживание круизных пассажирских теплоходов, прибывающих с иностранными туристами в г. Санкт-Петербург на 72 часа. Это время определялось сроком безвизового пребывания туристов в г. Санкт-Петербурге.

После строительства причалов и углубления акватории Университетом водных коммуникаций и Гидрометеорологическим университетом (г. Санкт-Петербург) в 2008–2009 гг. был проведен комплекс исследований температурного и гидрологического режима акватории. Целью исследований являлось решение следующих практических задач:

1. Определение запаса тепла на глубине акватории для оценки возможности подде-

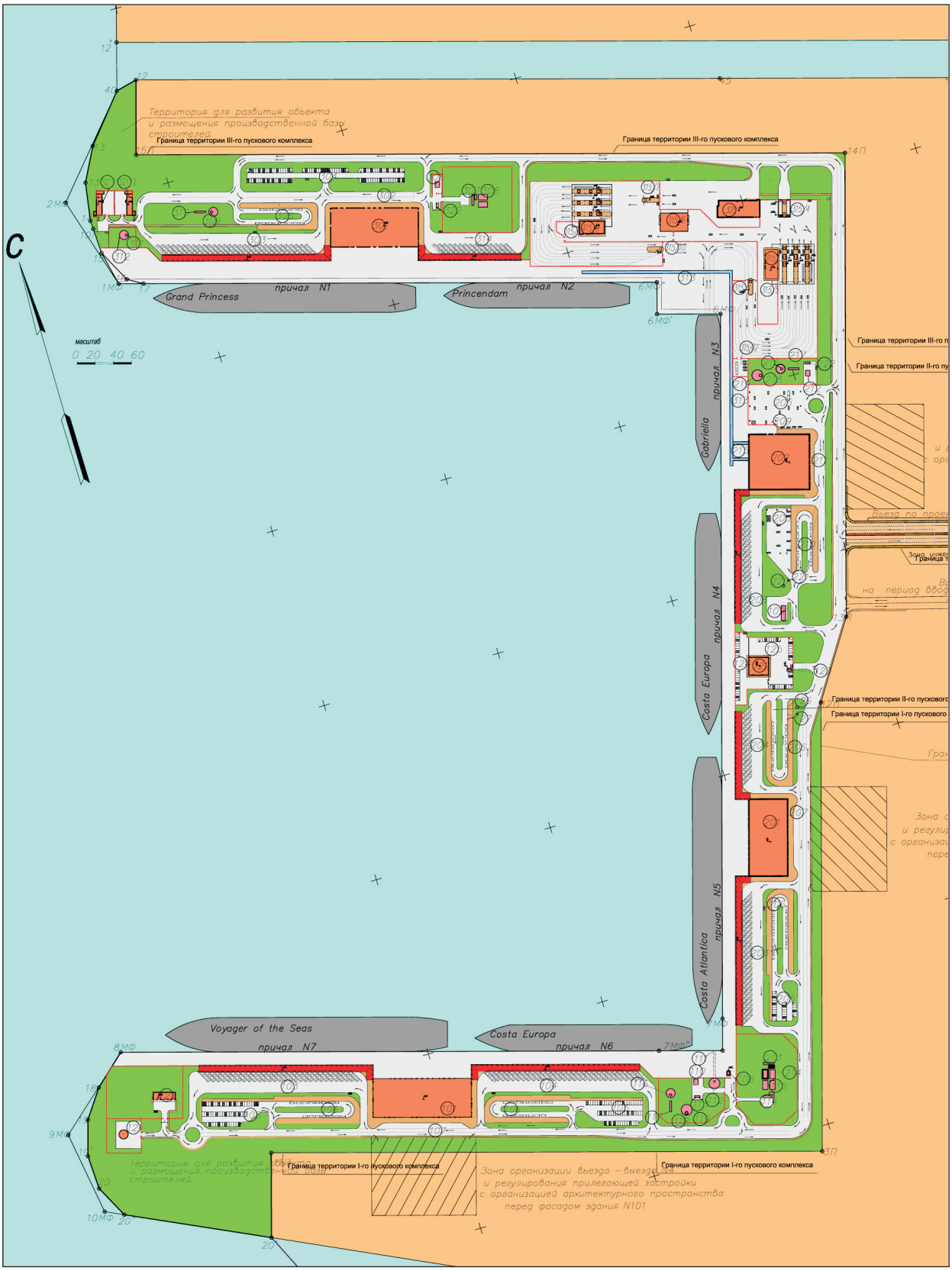


Рис. 1. Схема причалов терминала «Морской фасад»

ржания открытых майн у причалов при эксплуатации их в зимний период.

2. Изучение режима формирования ледяного покрова в акватории и движения ледяных полей в осенний, зимний и весенней периоды.

3. Изучение волнового режима на акватории с целью выработки систем защиты судов от волнового воздействия.

4. Изучение режима течений и движения наносов в акватории с целью оценки заносимости акватории.

Для определения температурного режима водоема проведен комплекс наблюдений по измерению температуры воды как на поверхности, так и на глубине. Для измерения использовалась система термодатчиков смонтированных на гибком кабеле, которые опускались на глубину через пробуренные во льду скважины.

Измерение температуры воды проводилось при помощи термодатчиков, изготовленных на базе терморезисторов типа СТ1-17, с номинальным сопротивлением 2,2 кОм и обладающих сравнительно малой инерционностью, и терморезистора СТ1-23. Применение подобного рода термодатчиков положительно зарекомендовало себя в ходе многочисленных исследований, проведенных ранее Ленинградским институтом водного транспорта и другими организациями. Шлейф проводов, на которых размещались датчики, имел разметку, позволяющую определить местоположение датчика на глубине. При исследованиях измерялось сопротивление термодатчиков, а затем по тарировочной кривой устанавливалась фактическая температура воды.

Схема расположения вертикалей, на которых проводились измерения температуры воды, а также толщины льда и снегового покрова, приведена на рис. 2.

На каждой вертикали измерения температур проводились на шести уровнях: у поверхности; 0.2h, 0.4h, 0.6h, 0.8h (где h — глубина воды) и у дна.

Измерения проводились на каждой вертикали тремя термодатчиками для получения большего ряда данных и повышения надежности измерений. В каждой точке на вертикали датчики выдерживались не менее пяти минут для получения достоверных результатов изме-

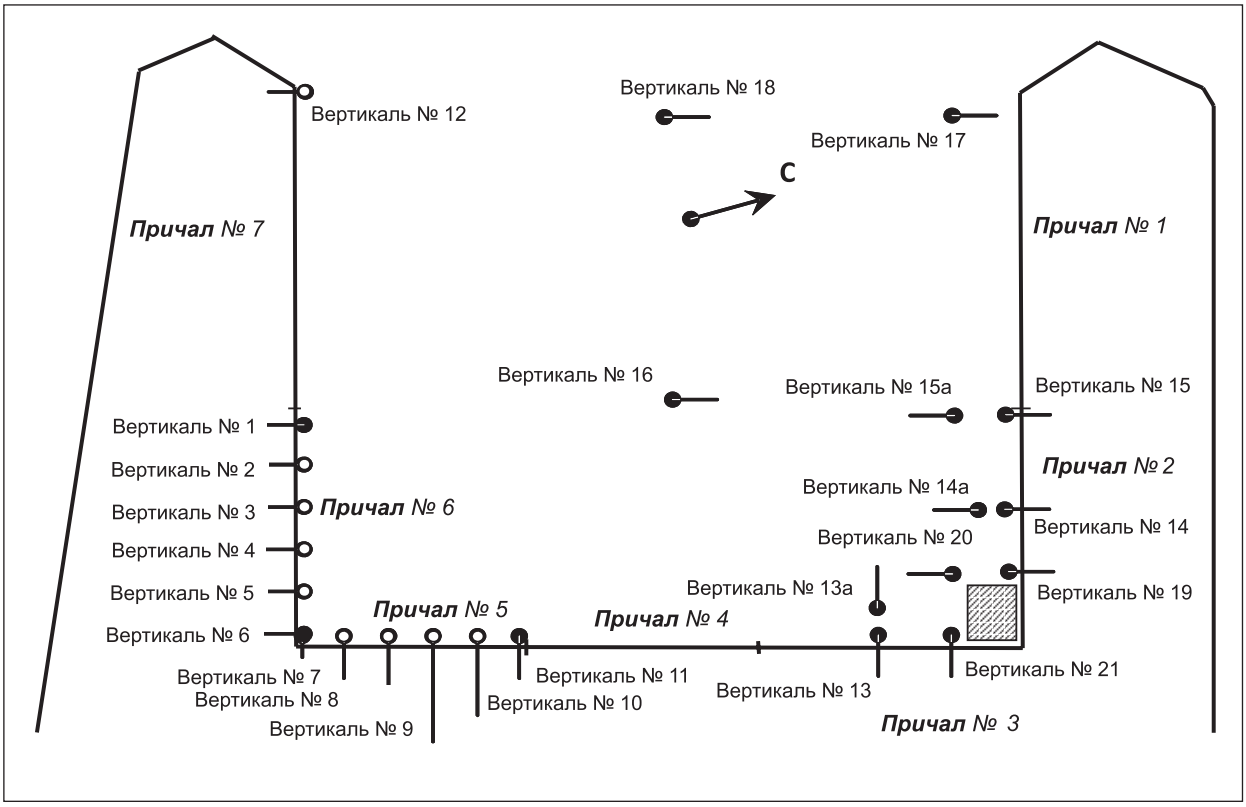


Рис. 2. Положение вертикалей для измерения температуры воды, а также толщины льда и снежного покрова

рений. Расхождение в показаниях температуры датчиков было в пределах погрешности измерений сопротивления термодатчиков (0,3 % ± 1).

В ходе измерений температурного режима установлено следующее:

При открытой акватории в осенний период наблюдается интенсивное понижение температуры воды по всей глубине, при этом понижение температуры коррелируется с понижением температуры наружного воздуха.

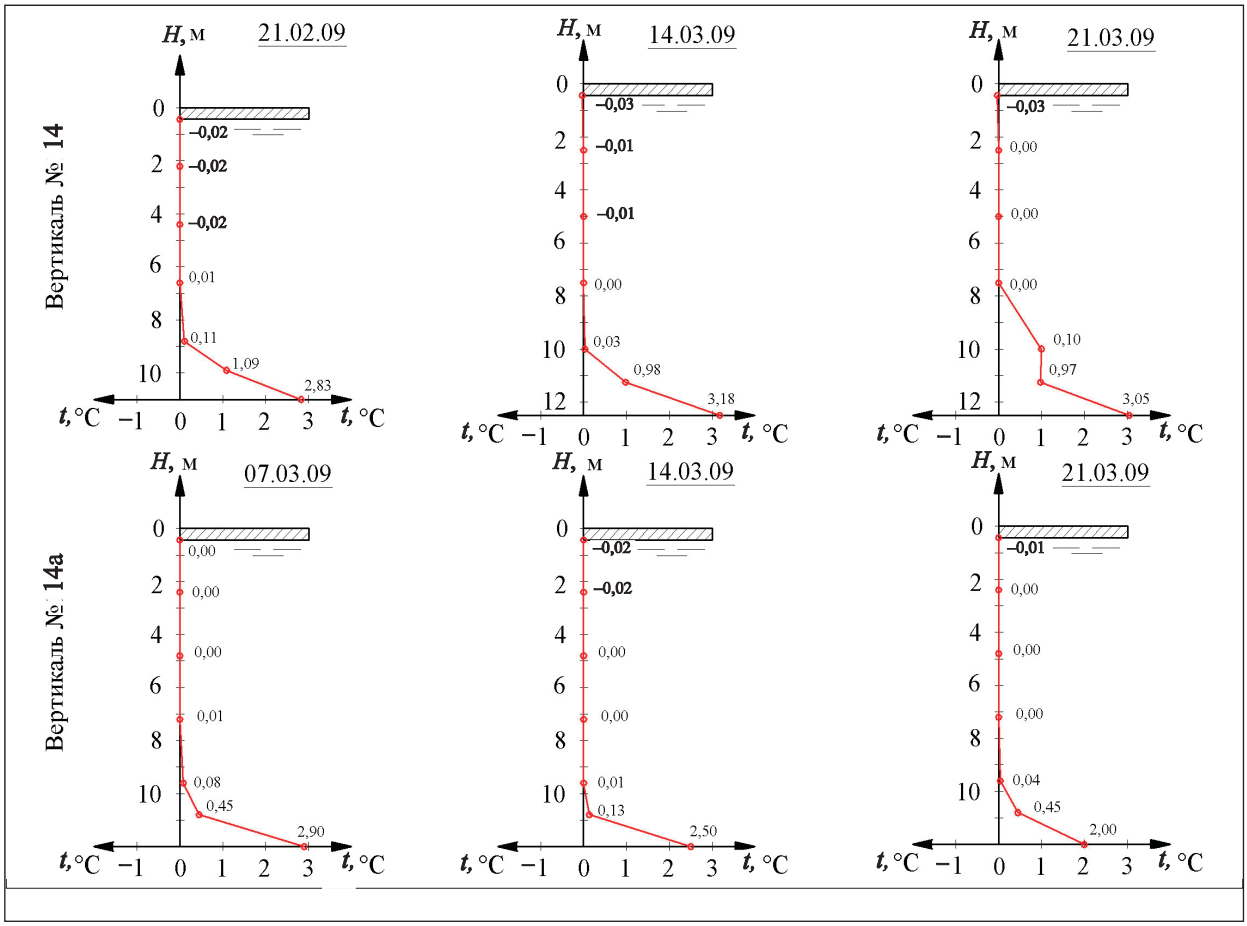


Рис. 3. Температурные разрезы по акватории

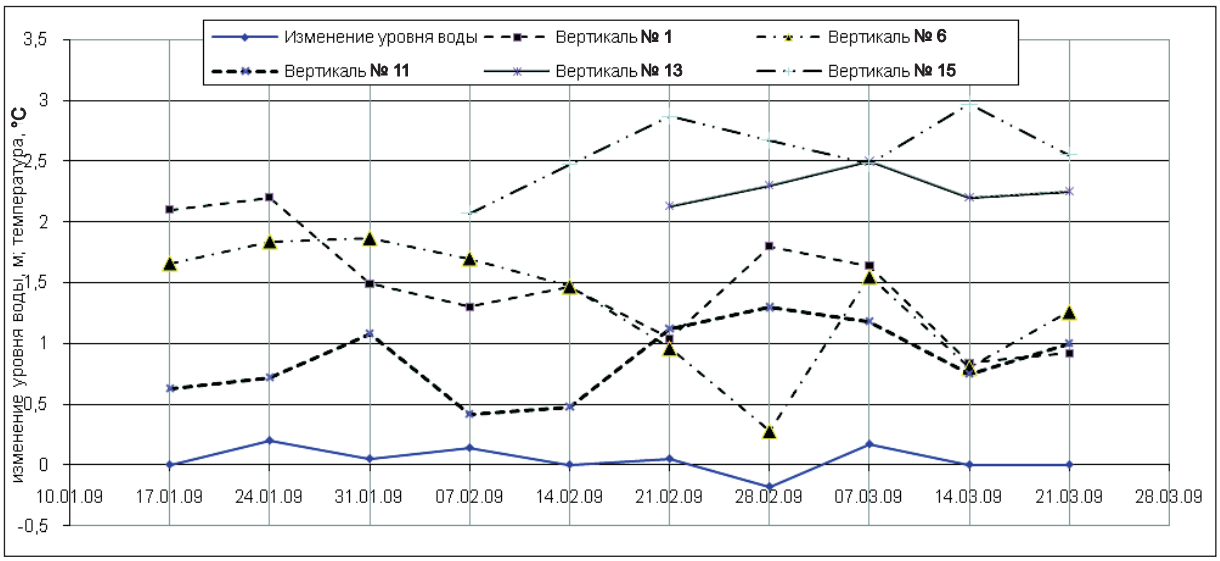


Рис. 4. График колебания уровня воды и изменения температуры воды в придонных слоях

С появлением ледяного покрова в акватории температурный режим водоема меняется [1; 2, с. 3–5; 3]. В придонных слоях воды наблюдается повышение температуры. Здесь температура воды поднимается до 1,5–2,0 ºС. Причиной быстрого повышения температуры в донных слоях воды является поступление тепла со дна водоема, что обусловлено запасами тепла в грунте [1; 2, с. 3–5]. Это поступление тепла наблюдается в течение всего зимнего периода, в результате чего создается относительно устойчивая температурная стратификация между теплой водой в слоях, примыкающих ко дну водоема, и слоями холодной воды под поверхностью ледяного покрова (рис. 3).

В течение зимних месяцев наблюдаются колебания температуры воды в придонных слоях, что вызвано, как предполагается, наличием подводных течений и переносом масс воды. К концу зимы отмечается тенденция к некоторому выравниванию и уменьшению абсолютных значений этих температур на отдельных участках акватории. Графики колебания уровня воды и изменения температуры воды в придонных слоях в отдельных контрольных точках приведены на рис. 4.

Изменение толщины ледяного покрова в центральной части акватории в большей степени предопределяется метеорологическими условиями, а в зоне, прилегающей к причалам, еще и уровенным режимом на акватории. Максимальная толщина льда наблюдается в конце зимнего периода, когда имеет место тенденция к постоянному повышению температуры атмосферного воздуха, а толщина снегового покрова на поверхности льда достигает максимального значения.

График изменения толщины льда в отдельных контрольных точках представлен на рис. 5.

Для открытого бассейна причалов «Морского фасада» существует опасность при наличии ветров юго-западного и западного направлений движения льдов, которые могут заполнить всю акваторию. Наблюдения осенью 2008 г. и весной 2009 г. показали, что ветра западных направлений нагоняют колотый лед из Финского залива в акваторию «Морской фасад», а ветра восточных направлений способствуют выносу льда из акватории в залив.

Статистический анализ осеннего и весеннего движения льдов показал, что продолжительность периода движения льдов незначительна, обычно не превышает 10 суток и возможность заполнения акватории не представляет опасности для судоходства, тем более что прочность льда в данный период невысока.

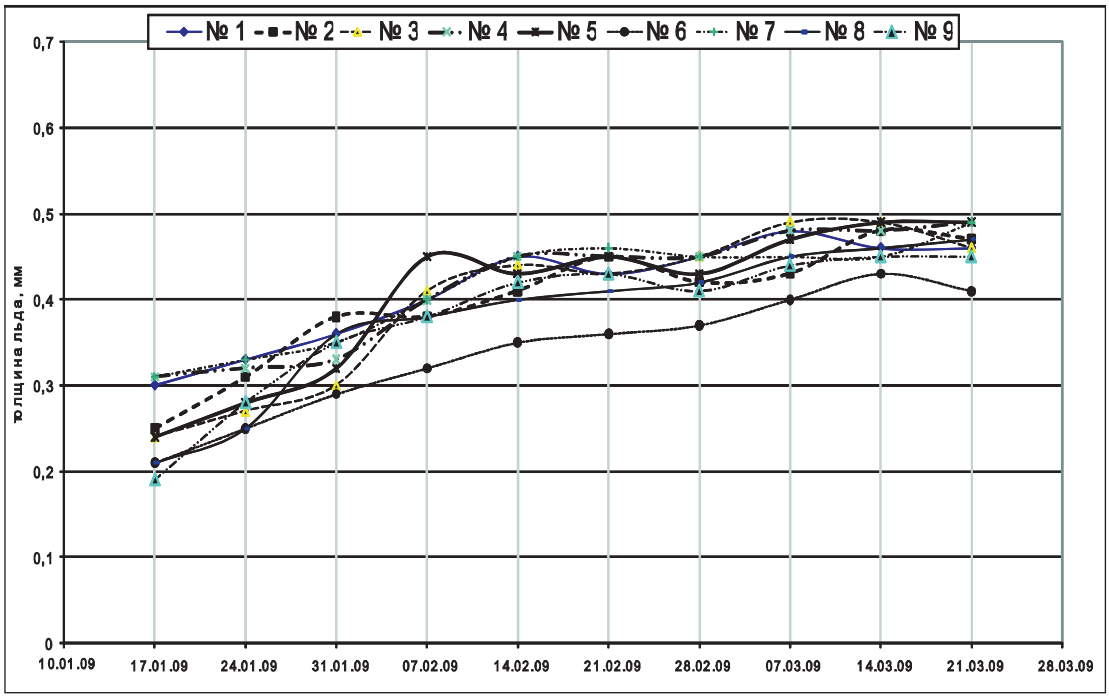


Рис. 5. График нарастания льда в акватории

Наибольшую опасность для судоходства и стоянки судов у причалов представляют волны в акватории, которые наиболее опасны при ветрах южного и юго-западного направлений. Наблюдения за ветровым волнением в акватории проводились в навигацию 2009 г. Для измерения высоты волн в нишах лестничных спусков причалов устанавливались волномерные рейки, по которым фиксировалась высота волн. Каждая волномерная рейка представляла собой стальной стержень, заключенный в открытую трубу.

Для фиксации высоты подъема волн стержень покрывали меловой краской, которая смывалась водой. По уровню смытой зоны меловой краски после каждого периода волнения на акватории определялась высота волн.

Установлено, что наибольшая высота волн отмечалась у причалов № 3, 4, 5, обращенных к фронту движения волн. Это явление объясняется интерференцией волн, при которой у вертикальной стенки высота приходящей с залива волны удваивалась.

При ветрах западного направления неоднократно всплески волны покрывали территорию причала, расположенную на отметке 3,2 м от уровня воды.

Это явление подтверждается выбросом волной на причал плавающего в акватории камыша (рис. 6).

Измерение скоростей течения в акватории производилось как в летний, так и в зимний период. В летний период использовались глубинные поплавки, включающие пенопластовый поплавок и свинцовый груз, соединенный с поплавком прочным буйрепом и опущенный на глубину 70 см. Отгрузка поплавка производилась так, чтобы выше поверхности воды оставалось не более 10–15 % его объема.

В зимний период измерения скоростей течения производились с ледяного покрова, для чего прорубалась майна, в которую опускались измерительные приборы (морские вертушки, гидрометрический шест).

Измерения показали, что поверхностные скорости течения в открытой акватории определяются направлением ветров и расположением причалов. Так при ветрах западного направления наблюдалось движение поплавков вдоль причалов № 7 и 6 к фронтальным прича-



Рис. 6. Выброс плавника на причал после шторма

лам № 4 и 5. Поплавки, пущенные у причалов № 3–5, направляются от причалов в сторону открытой акватории, а поплавки, пущенные от причалов № 1 и 2, направляются в сторону фронтальных причалов под углом 45º.

Величина скоростей на поверхности не превышает 6 см/с.

Донные скорости течения изучались только в зимний период, при этом направления донных течений не совпадали с направлением поверхностных течений.

Величина данных скоростей течения обычно не превышала 2 см/с, в связи с чем перемещений донных отложений ожидать не следует.

Скоростной режим течений оказывает малое влияние на движение наносов, что подтверждается исследованиями заносимости дна акватории.

Исследование заносимости дна акватории проводилось в два этапа.

На первом этапе производились промеры по двум профилям на входе в акваторию «Морской фасад». Цель исследований — определить влияние на заносимость наносов, поступающих из протоков Большой и Малой Невы.

На втором этапе балансовым методом измерили общий объем отложений во всей акватории. Сопоставление съемки после выполнения дноуглубительных работ и съемки после года эксплуатации показало, что средняя величина отложений наносов составляет не более 1 см в год.

Результаты исследований температурного режима используются при разработке систем обогрева лицевой грани причалов и образования вдоль линии причаливания свободной от льда майны.

Исследования волнового режима, движения ледяных полей в акватории, скоростей течения и движения наносов позволили решить вопрос о строительстве оградительных сооружений акватории.

Список литературы

1. *Баланин В. В.* Использование тепла глубинных вод водоемов (для поддержания незамерзающих акваторий) / В. В. Баланин, Б. С. Бородкин, Г. И. Мелконян. — М.: Транспорт, 1964. — 273 с.

2. *Бородкин Б. С.* Изучение зимней термики водоемов в целях использования тепла глубинных вод / Б. С. Бородкин // Тр. координационных совещаний по гидротехнике. Дополнительные материалы [к вып. 81]. — Л.: Энергия, 1973.

3. *Иванов Л. В.* Зимняя эксплуатация объектов водного транспорта / Л. В. Иванов. — М.: Транспорт, 1978. — 210 с.

УДК 539.3

А. В. Матросов,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ БАЛОК-СТЕНОК НА ЛИНЕЙНО-УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

A NUMERICALLY-ANALITICAL ANALYSIS OF WALL-BEAMS ON A LINEARLY ELASTIC FOUNDATION

Представлен алгоритм численно-аналитического метода расчета упругих систем, работающих в условиях плоской задачи теории упругости, основанный на декомпозиции системы на прямоугольные обла-

сти и построении для каждой из них общего решения на основе метода начальных функций с последующей их «склейкой» по линиям контакта с использованием условий взаимодействия областей между собой для построения системы линейных уравнений определения неизвестных коэффициентов в решениях. Приведены результаты проведенной серии вычислительных экспериментов расчета балки-стенки на упругом слое для определения влияния его толщины на напряженно-деформированное состояние балки-стенки.

An algorithm for building a numerical-analytical solution for the problem of deformation of linearly-elastic systems on basis of their decomposition on a set of simple rectangular elements and using a general solution for a rectangular area based on a method of initial functions is presented. Results of computing experiments of an analysis of a wall-beam on a linearly elastic layer foundation to determine an influence of its thickness on a stress-strain state of the wall-beam are given.

Ключевые слова: краевая задача, плоская задача теории упругости, метод начальных функций, линейно-упругие системы, балка-стенка.

Key words: boundary problem, plane elastic problem, method of initial functions, linearly elastic systems, wall-beam.

1. Введение. Разработанный в [1, с. 55–65; 2, с. 70–84] численно-аналитический метод расчета упругих систем в условиях плоской задачи теории упругости был успешно применен к расчету головы шлюза на скальном основании [3, с. 8–14]. Однако его можно применять и для конструкций на упругом основании. Причем и основание, и сама конструкция рассчитываются на основе уравнений теории упругости без привлечения каких-либо гипотез об их поведении. Балка-стенка, моделирующая работу разнообразных гидротехнических сооружений, не может быть рассчитана по балочной теории, поэтому для демонстрации применения этого метода к расчету конструкций на упругом основании выбрана балка-стенка на упругом изотропном основании.

При расчете конструкций на упругом основании используются различные модели основания, начиная от простой модели Винклера и заканчивая упругим слоем и полупространством. Модель Винклера широко используется в расчетной практике, несмотря на то что она не учитывает распределительное свойство грунта — он проседает не только под самой конструкцией, но и непосредственно по соседству с ней. В связи с этим была выдвинута идея использования модели сначала упругого полупространства, а потом и упругого слоя. Работа [4] как раз и показывает преимущества использования указанного подхода. В ней приведены расчеты различных типов конструкций как на упругом полупространстве, так и на упругом слое, показывающих достаточно хорошее согласование принятого подхода с экспериментальными данными. Однако отмечаются и недостатки модели упругого полупространства и слоя. Одним из основных является обращение прогиба в нуль на бесконечности, хотя опыты говорят о его быстром затухании при удалении от границы конструкции.

В данной работе предлагается в качестве модели основания использовать не бесконечный слой, а его часть, расположенную непосредственно под конструкцией, вместе с боковыми отрезками определенной длины, на вертикальных границах которых вертикальные и горизонтальные перемещения полагаются равными нулю, как и перемещения на нижней части слоя, где он опирается на неподвижное основание.

2. Алгоритм расчета. В [2, с. 70–84] предложен алгоритм расчета тел с составленным из прямоугольных областей сечением сложной конфигурации, находящихся в условиях плоской задачи теории упругости. Любая из четырех граней каждой прямоугольной области может либо принадлежать границе сечения всего тела, либо соприкасаться с гранью другой прямоугольной области, полностью с ней совпадая.

На гранях, принадлежащих границе сечения тела, могут быть заданы граничные условия одного из следующих видов (оси декартовой прямоугольной системы координат *Oxy* параллельны граням прямоугольной области):

1) σ_x и τ_{xy} (на грани x = const);

2) σ_y и τ_{xy} (на грани y = const);

3) u и v (на грани x = const или y = = const);

4) σ_x и v (на грани x = const);

5) σ_y и u (на грани y = const);

6) τ_{xy} и u (на грани x = const);

7) τ_{xy} и v (на грани y = const).

На гранях, соприкасающихся с гранями других прямоугольных областей, граничные условия могут обеспечивать непрерывность перемещений и напряжений при переходе из одной области в другую через общую грань, а могут рассчитываться и из других условий сопряжения соприкасающихся граней, например, обеспечивая скольжение областей по грани с трением или без трения.

Прямоугольные области рассчитываемого тела с граничными условиями указанного типа будем называть простыми телами. На рис. 1 показана декомпозиция системы «балка-стенка–упругое основание» на составляющие ее простые тела R_i, i = 1, ..., 3. Для каждого простого тела R_i вводится локальная система координат $O_i x_i y_i$ с началом координат в верхней левой вершине прямоугольника, осью x_i, направленной вниз, и осью y_i, направленной вправо, образуя таким образом правую систему координат.

В работе [1, с. 55–65] разработан и реализован алгоритм построения общего решения в виде тригонометрических рядов для граничной задачи анизотропного линейно-упругого прямоугольного в сечении тела с размерами (0, h) × (0, a) вдоль координат x и y соответст-венно, находящегося в условиях плоской деформации или обобщенного плоского напряженного состояния. Общее решение строится на основе метода суперпозиции [5], предложенного Г. Ламе еще в 1851 г. Суть его заключается в том, что если имеются два решения, обладающие функциональным произволом для удовлетворения граничным условиям на альтернативных противоположных гранях прямоугольника, то сумма таких решений будет представлять общее решение для всей прямоугольной области.

В качестве указанных решений в [1] используются два решения, построенные методом начальных функций (МНФ). В первом начальные функции задаются на линии x = 0, а во втором — на линии y = 0, причем выбираются они в виде тригонометрических рядов.

Обозначим через $\bar{\mathbf{U}}_0 = \left\{\bar{u}^0(y), \bar{v}^0(y), \bar{\sigma}_x^0(y), \bar{\tau}_{xy}^0(y)\right\}$ и $\bar{\bar{\mathbf{U}}}_0 = \left\{\bar{\bar{u}}^0(x), \bar{\bar{v}}^0(x), \bar{\bar{\sigma}}_y^0(x), \bar{\bar{\tau}}_{xy}^0(x)\right\}$ векторы начальных функций, заданных соответственно на линиях x = 0 и y = 0. Векторы перемещений $\bar{\mathbf{U}} = \left\{\bar{u}(x,y), \bar{v}(x,y), \bar{\sigma}_x(x,y), \bar{\sigma}_y(x,y), \bar{\tau}_{xy}(x,y)\right\}$ и $\bar{\bar{\mathbf{U}}} = \left\{\bar{\bar{u}}(x,y), \bar{\bar{v}}(x,y), \bar{\bar{\sigma}}_x(x,y), \bar{\bar{\sigma}}_y(x,y), \bar{\bar{\tau}}_{xy}(x,y)\right\}$ напряжений и в соответствии с решением МНФ выражаются через векторы начальных функций следующим образом

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{U}} &= \bar{\mathbf{L}}\bar{\mathbf{U}}^0, \\ \bar{\bar{\mathbf{U}}} &= \bar{\bar{\mathbf{L}}}\bar{\bar{\mathbf{U}}}^0, \end{aligned} \qquad (1)$$

где $\bar{\mathbf{L}} = \left[\bar{L}_{ij}\right]$ и $\bar{\bar{\mathbf{L}}} = \left[\bar{\bar{L}}_{ij}\right]$ (i = 1, …, 5, j = 1, …, 4) — матрицы операторов МНФ с элементами вида $\bar{L}_{ij} = \sum_{k=0}^{\infty} \bar{l}_{ij}^k \left(A_{qr}, \partial_y\right) \cdot x^k$ и $\bar{\bar{L}}_{ij} = \sum_{k=0}^{\infty} \bar{\bar{l}}_{ij}^k \left(A_{qr}, \partial_x\right) \cdot y^k$, в которых коэффициенты $\bar{l}_{ij}^k$ и $\bar{\bar{l}}_{ij}^k$ зависят от упругих постоянных A_{qr} анизотропного тела и соответственно операторов дифференцирования ∂_y по переменной y и ∂_x по переменной x.

Начальные функции выберем в виде тригонометрических рядов

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{U}}_0 &= \sum_{m=0}^{\infty} \bar{\mathbf{U}}_0^{(m)}, \\ \bar{\bar{\mathbf{U}}}_0 &= \sum_{n=0}^{\infty} \bar{\bar{\mathbf{U}}}_0^{(n)}, \end{aligned} \qquad (2)$$

в которых $\bar{\mathbf{U}}_0^{(m)} = \left\{a_1^{(m)} s_m^a, a_2^{(m)} c_m^a, a_3^{(m)} s_m^a, a_4^{(m)} c_m^a\right\}$ и $\bar{\bar{\mathbf{U}}}_0^{(n)} = \left\{b_1^{(n)} c_n^h, b_2^{(n)} s_n^h, b_3^{(n)} s_n^h, b_4^{(n)} c_n^h\right\}$, $a_i^{(m)}$ и $b_i^{(n)}$ (i = 1, …, 4) произвольные числовые коэффициенты, $s_m^a = \sin(\alpha_m y)$, $c_m^a = \cos(\alpha_m y)$, $s_n^h = \sin(\beta_n x)$, $c_n^h = \cos(\beta_n x)$, $\alpha_m = m\pi/a$, $\beta_n = n\pi/h$, m и n любые целые неотрицательные числа.

В этом случае в соответствии с решениями МНФ (1) векторы перемещений и напряжений $\bar{\mathbf{U}}$ и $\bar{\bar{\mathbf{U}}}$ будут получены в виде

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{U}} &= \sum_{m=0}^{\infty} \bar{\mathbf{U}}^{(m)}, \\ \bar{\bar{\mathbf{U}}} &= \sum_{n=0}^{\infty} \bar{\bar{\mathbf{U}}}^{(n)}, \end{aligned} \qquad (3)$$

где $\bar{\mathbf{U}}^{(m)} = \left\{\bar{L}_1^{(m)} s_m^a, \bar{L}_2^{(m)} c_m^a, \bar{L}_3^{(m)} s_m^a, \bar{L}_4^{(m)} s_m^a, \bar{L}_5^{(m)} c_m^a\right\}$, $\bar{\bar{\mathbf{U}}}^{(n)} = \left\{\bar{\bar{L}}_1^{(n)} c_n^h, \bar{\bar{L}}_2^{(n)} s_n^h, \bar{\bar{L}}_3^{(n)} s_n^h, \bar{\bar{L}}_4^{(n)} s_n^h, \bar{\bar{L}}_5^{(n)} c_n^h\right\}$, а $\bar{L}_i^{(m)}$ и $\bar{\bar{L}}_i^{(n)}$, i = 1, …, 5 — числовые степенные ряды по переменным x и y соответственно

$$\bar{L}_i^{(m)} = \sum_{p=1}^{4} a_p^{(m)} \bar{L}_{ip}\Big|_{\partial_y=\pm\alpha_m} = \sum_{p=1}^{4} a_p^{(m)} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{l}_{ip}^{k}\Big|_{\partial_y=\pm\alpha_m} x^k =$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty}\sum_{p=1}^{4} a_p^{(m)} \tilde{\bar{l}}_{ip}^{k} \cdot x^k,$$

$$\bar{\bar{L}}_i^{(n)} = \sum_{p=1}^{4} b_p^{(n)} \bar{\bar{L}}_{ip}\Big|_{\partial_x=\pm\alpha_n} = \sum_{p=1}^{4} b_p^{(n)} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{\bar{l}}_{ip}^{k}\Big|_{\partial_x=\pm\alpha_n} y^k =$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty}\sum_{p=1}^{4} b_p^{(n)} \tilde{\bar{\bar{l}}}_{ip}^{k} \cdot y^k.$$

В рядах $\bar{L}_{ip}$ и $\bar{\bar{L}}_{ip}$ операторы дифференцирования ∂_x и ∂_y появляются в виде целых степеней. Их замена на числовые значения, представляющие целые степени α_m и β_n с соответствующими знаками, должна выполняться последовательным дифференцированием исходной тригонометрической функции, на которую воздействует оператор. Так, например, оператор ∂_y^3 должен быть заменен на $-\alpha_m^3$, если функцией, на которую он воздействует, является функция $\sin(\alpha_m y)$ ($\partial_y^3 s_m^a = \alpha_m \partial_y^2 c_m^a = -\alpha_m^2 \partial_y s_m^a = -\alpha_m^3 c_m^a$) и на $+\alpha_m^3$ в случае его воздействия на $\cos(\alpha_m y)$ ($\partial_y^3 c_m^a = -\alpha_m \partial_y^2 s_m^a = -\alpha_m^2 \partial_y c_m^a = \alpha_m^3 s_m^a$). Аналогичное правило применяется и к оператору дифференцирования ∂_x по переменной x, только функции, на которые он воздействует, суть $\sin(\beta_n x)$ и $\cos(\beta_n x)$.

Каждое из решений (3) позволяет решить задачу удовлетворения граничным условиям на альтернативных противоположных гранях прямоугольника: первое — на гранях $x = 0$ и $x = h$, тогда как второе — на гранях $y = 0$ и $y = a$. В соответствии с методом суперпозиции Ламе сумма двух этих решений

$$\mathbf{U} = \bar{\mathbf{U}} + \bar{\bar{\mathbf{U}}} \tag{4}$$

будет обладать достаточным функциональным произволом для удовлетворения ГУ на всех четырех гранях упругого анизотропного прямоугольника, являясь, таким образом, общим решением задачи для упругой анизотропной прямоугольной области.

Для простого тела R_i можно построить общее решение типа (4) с использованием тригонометрических рядов (2) с неизвестными коэффициентами для представления начальных функций

$$\mathbf{U}_i = \bar{\mathbf{U}}_i + \bar{\bar{\mathbf{U}}}_i. \tag{5}$$

Вектор $\mathbf{U}_i = \left\{u_i, v_i, \sigma_x^i, \sigma_y^i, \tau_{xy}^i\right\}$, образованный из компонентов вектора перемещения и тензора напряжений в точках простого тела R_i, представлен суммой векторов $\bar{\mathbf{U}}_i = \left\{\bar{u}_i, \bar{v}_i, \bar{\sigma}_x^i, \bar{\sigma}_{yi}^i, \bar{\tau}_{xy}^i\right\}$ и $\bar{\bar{\mathbf{U}}}_i = \left\{\bar{\bar{u}}_i, \bar{\bar{v}}_i, \bar{\bar{\sigma}}_x^i, \bar{\bar{\sigma}}_y^i, \bar{\bar{\tau}}_{xy}^i\right\}$ вида

$$\bar{\mathbf{U}}_i = \sum_{m=0}^{\infty} \bar{\mathbf{U}}_i^{(m)},$$
$$\bar{\bar{\mathbf{U}}}_i = \sum_{n=0}^{\infty} \bar{\bar{\mathbf{U}}}_i^{(n)}, \tag{6}$$

где

$$\bar{\mathbf{U}}_i^{(m)} = \left\{\bar{L}_{1,i}^{(m)} s_m^{a_i}, \bar{L}_{2,i}^{(m)} c_m^{a_i}, \bar{L}_{3,i}^{(m)} s_m^{a_i}, \bar{L}_{4,i}^{(m)} s_m^{a_i}, \bar{L}_{5,i}^{(m)} c_m^{a_i}\right\},$$
$$\bar{\bar{\mathbf{U}}}_i^{(n)} = \left\{\bar{\bar{L}}_{1,i}^{(n)} c_n^{h_i}, \bar{\bar{L}}_{2,i}^{(n)} s_n^{h_i}, \bar{\bar{L}}_{3,i}^{(n)} s_n^{h_i}, \bar{\bar{L}}_{4,i}^{(n)} s_n^{h_i}, \bar{\bar{L}}_{5,i}^{(n)} c_n^{h_i}\right\},$$
$$s_m^{a_i} = \sin\left(\alpha_m^i y_i\right),\ c_m^{a_i} = \cos\left(\alpha_m^i y_i\right)$$
и $s_n^{h_i} = \sin\left(\beta_n^i x_i\right),\ c_n^{h_i} = \cos\left(\beta_n^i x_i\right),$

$$\bar{L}_{j,i}^{(m)} = \sum_{p=1}^{4} a_{p,i}^{(m)} \bar{L}_{jp,i}\Big|_{\partial_y=\pm\alpha_m^i} = \sum_{p=1}^{4} a_{p,i}^{(m)} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{l}_{ip,i}^{k}\Big|_{\partial_y=\pm\alpha_m^i} x_i^k =$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty}\sum_{p=1}^{4} a_{p,i}^{(m)} \tilde{\bar{l}}_{ip,i}^{k} \cdot x_i^k,$$

$$\bar{\bar{L}}_{j,i}^{(n)} = \sum_{p=1}^{4} b_{p,i}^{(n)} \bar{\bar{L}}_{jp,i}\Big|_{\partial_x=\pm\alpha_n^i} = \sum_{p=1}^{4} b_{p,i}^{(n)} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{\bar{l}}_{ip,i}^{k}\Big|_{\partial_x=\pm\alpha_n^i} y_i^k =$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty}\sum_{p=1}^{4} b_{p,i}^{(n)} \tilde{\bar{\bar{l}}}_{ip,i}^{k} \cdot y_i^k,$$

а $\bar{L}_{jp,i}$ и $\bar{\bar{L}}_{jp,i}$ ($j = 1, \ldots, 5, p = 1, \ldots, 4$) — операторы МНФ для простого тела R_i.

Построив решения типа (6) для всех простых тел R_i, вычисляют необходимые компоненты напряженно-деформированного состояния (НДС) на их гранях. Для удовлетворения граничным условиям полученные функции компонентов НДС раскладывают в ряды Фурье и строят систему бесконечных линейных алгебраических уравнений для определения неизвестных коэффициентов $a_{p,i}^{(m)}$ и $b_{p,i}^{(n)}$ начальных функций, приравнивая соответствующие гармоники компонентов НДС.

В практических расчетах ограничиваются конечным числом гармоник в представлении, как начальных функций, так и заданных граничных условий. Таким образом, решаемая система линейных алгебраических уравнений является конечной, что равно-

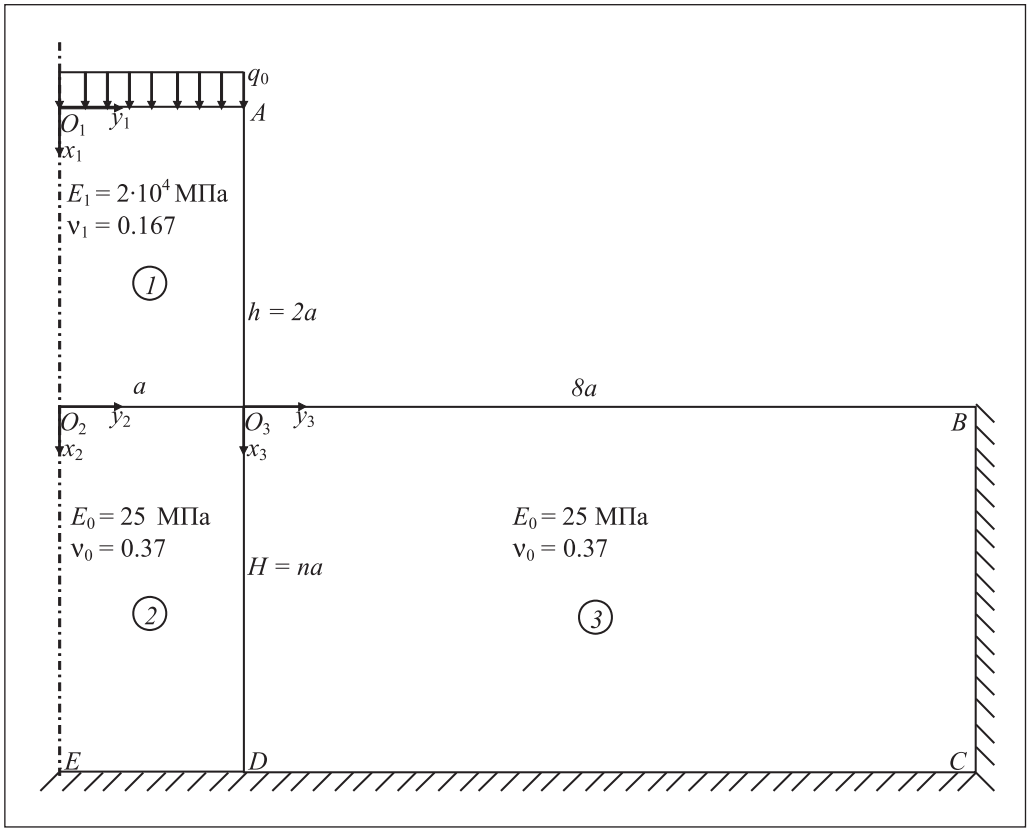


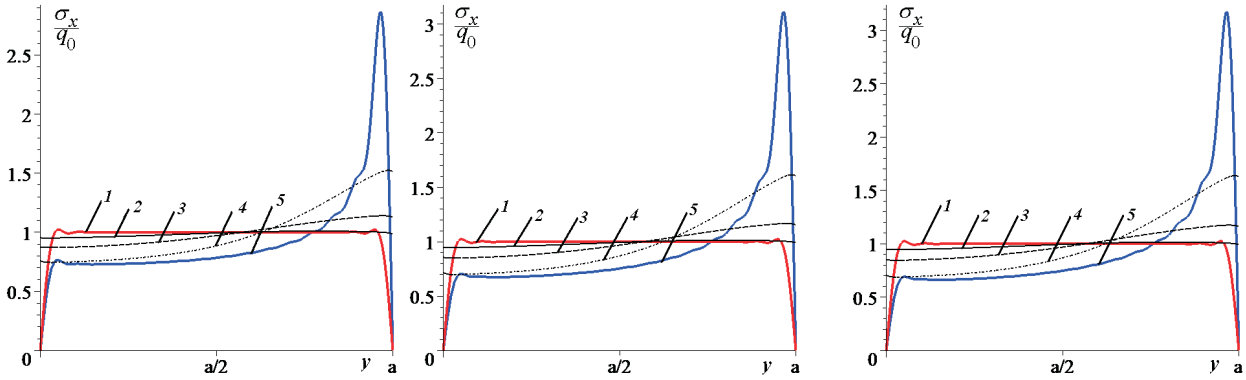
Рис. 1. Расчетная схема балки-стенки на упругом основании под равномерной нагрузкой (правая половина системы)

сильно применению метода редукции к исходной бесконечной системе уравнений [6].

3. Расчет балки-стенки на упругом основании. Квадратная балка-стенка с линейными размерами $2a \times 2a$ м, изготовленная из бетона с модулем упругости $E = 2 \cdot 10^4$ МПа и коэффициентом Пуассона $v = 0{,}167$, расположена на упругом основании с модулем деформации $E_0 = 25$ МПа и коэффициентом Пуассона $v_0 = 0{,}37$ (суглинок). Толщина слоя упругого основания H м. В горизонтальном направлении он не бесконечен, а ограничен справа и слева от крайних точек балки-стенки частями длиной 8 a м. На верхнюю поверхность балки-стенки действует равномерно-распределенная нагрузка интенсивностью q_0 н/м^2.

На рис. 1 показана правая часть рассчитываемой системы, а также представлены простые тела, на которые она разбивается при выполнении ее расчета представленным выше численно-аналитическим методом.

Граничные условия таковы: напряжения $\sigma_x = q_0$ и $\tau_{xy} = 0$ на линии O_1A; напряжения на линиях AO_3 ($\sigma_y = 0$ и $\tau_{xy} = 0$) и O_3B ($\sigma_x = 0$ и $\tau_{xy} = 0$); перемещения равны нулю $u = 0$ и $v = 0$ на линиях BC, CD и DE; в силу симметрии системы относительно вертикали, проходящей через середины горизонтальных сторон балки-стенки, на линиях O_1O_2 и O_2E горизонтальное перемещение $v = 0$ и касательное напряжение $\tau_{xy} = 0$; на линии O_3D соприкосновения простых тел *2* и *3* выполняются условия непрерывности перемещений и напряжений при переходе из области тела *2* в область тела *3* — $u_2 = u_3$, $v_2 = v_3$, $\sigma_y^2 = \sigma_y^3$, $\tau_{xy}^2 = \tau_{xy}^3$; на линии контакта O_2O_3 балки-стенки и основания задается непрерывность вертикального перемещения $u_1 = u_2$ и напряжения $\sigma_x^1 = \sigma_x^2$, а также равенство нулю касательных напряжений $\tau_{xy}^1 = 0$ и $\tau_{xy}^2 = 0$ в силу скольжения без сопротивления балки-стенки вдоль линии контакта. Числовые индексы у перемещений и напряжений означают, что они вычисляются по



а *б* *в*

Рис. 2. Безразмерное нормальное напряжение σ_x/q_0 в горизонтальных сечениях балки-стенки при толщине слоя основания 2*a* (*а*), 4*a* (*б*) и 6*a* (*в*)

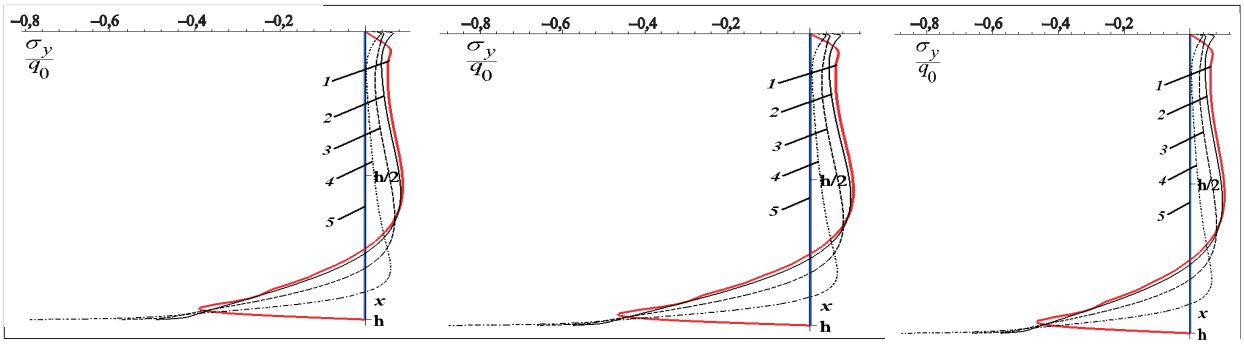
формулам общего решения для простого тела с указанным номером.

В представлении нагрузки и начальных функций простых тел тригонометрическими рядами удерживалось по 31 гармонике.

Для выяснения влияния толщины слоя упругого основания на напряженно-деформированное состояние балки-стенки были проведены расчеты со слоями толщинами $H = 2a$, $4a$, $6a$ м.

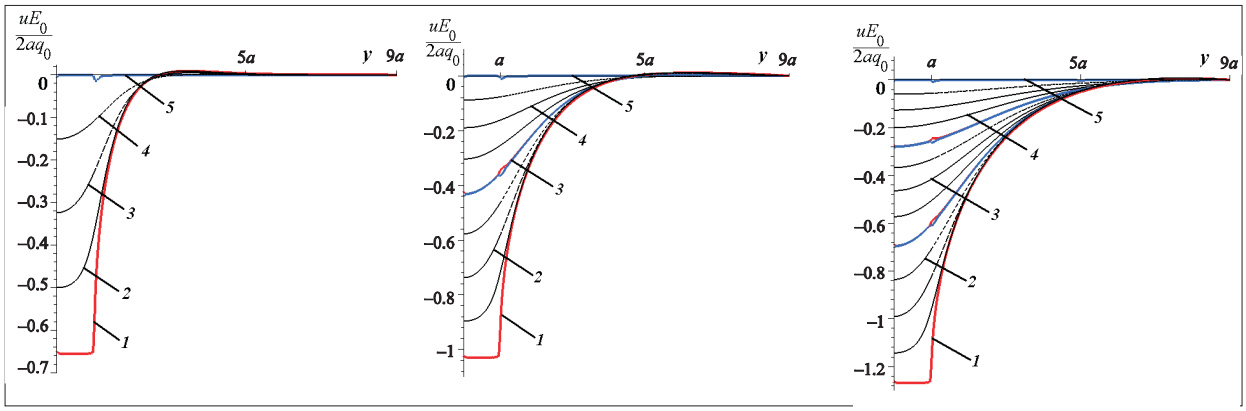
На рис. 2 представлены графики безразмерных нормальных напряжений σ_x/q_0 в горизонтальных сечениях $x_1 = h\ (i - 1)/4$ (i = 1, …, 5 и соответствует номеру кривой на рисунке) локальной системы координат балки-стенки при слоях основания различной толщины. Видно, что нормальное напряжение σ_x при слое основания толщиной $H = 6a$ практически полностью соответствует расчетам с основанием толщиной $H = 4a$, тогда как для слоя толщиной $H = 2a$ напряжения в области контакта отличаются от расчетов со слоями толщиной $H = 4a$, $6a$. График *5* рис. 2 дает представление о нормальном напряжении на линии контакта балки-стенки с упругим основанием.

Графики на рис. 3 дают представление о распределении нормальных напряжений σ_y/q_0 в вертикальных сечениях $y_1 = a\ (i - 1)/4$ (i = 1, …, 5 и соответствует номеру кривой на рисунке) локальной системы координат балки-стенки. Здесь также можно заметить, что при слоях основания с толщинами $H = 4a$, $6a$ значения этого нормального напряжения практически совпадают. Его распределение по высоте балки-стенки отличается от распределения такого же напряжения в обычной невысокой балке. Видно, что 3/4 верхней ча-



а *б* *в*

Рис. 3. Безразмерное нормальное напряжение σ_y/q_0 в вертикальных сечениях балки-стенки при толщине слоя основания 2*a* (*а*), 4*a* (*б*) и 6*a* (*в*)



а *б* *в*

Рис. 4. Безразмерное вертикальное перемещение $uE_0/2aq_0$ в горизонтальных сечениях основания при толщине слоя 2*a* (*а*), 4*a* (*б*) и 6*a* (*в*)

сти балки-стенки изогнуты меньше, чем нижняя ее четверть, в которой наибольшие растягивающие напряжения достигаются на линии контакта с основанием в области угловой точки балки-стенки. Обратим внимание, что предложенный для расчета сложных упругих систем метод дает напряжения σ_y на свободной линии AO_3, равные чистому нулю в соответствии с граничными условиями.

Рисунок 4 представляет графики безразмерных вертикальных перемещений $uE_0/2aq_0$ в горизонтальных сечениях $x_{2,3} = H(i - 1)/4$ ($i = 1, \ldots, 5$ и соответствует номеру кривой на рисунке) локальных систем координат простых тел *2* и *3*, моделирующих упругое основание. Видно, что с увеличением толщины упругого слоя вертикальные перемещения основания под балкой-стенкой увеличиваются. Это может свидетельствовать о том, что для данного податливого основания (модуль деформации $E_0 = 25$ МПа) следует при расчетах его напряженно-деформированного состояния использовать слой большей толщины, чем 6*a*. Однако для расчета напряженно-деформированного состояния балки-стенки это не имеет значения в силу представленных ранее расчетов (рис. 2 и 3).

4. Заключение. Полученные результаты расчета балки-стенки на упругом основании по разработанному численно-аналитическому алгоритму вычисления перемещений и напряжений в сложных упругих системах позволяют положительно судить о возможности применения предложенного подхода к анализу работы подобных систем. Толщина слоя основания, начиная с некоторого значения ($H = 4a$), практически не влияет на напряженно-деформированное состояние балки-стенки, но влияет на деформированное состояние самого основания.

Список литературы

1. *Матросов А. В.* Численно-аналитическое решение граничной задачи деформирования линейно-упругого анизотропного прямоугольника / А. В. Матросов // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10: Прикладная математика, информатика, процессы управления. — 2007. — Вып. 2.

2. *Матросов А. В.* Численно-аналитический алгоритм решения задач плоской деформации линейно-упругих тел сложной конфигурации / А. В. Матросов // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10: Прикладная математика, информатика, процессы управления. — 2008. — Вып. 3.

3. *Матросов А. В.* Расчет гидротехнических сооружений численно-аналитическим методом / А. В. Матросов // Журнал университета водных коммуникаций. — 2010. — Вып. 4 (8).

4. *Горбунов-Посадов М. И.* Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова. — 2-е изд. — М.: Стройиздат, 1973. — 627 с.

5. *Lamé G.* Leçon sur la théorie mathémathique de l'élasticité des corps solids / G. Lamé. — P.: Bachelier, 1852. — 335 p.

6. Канторович Л. В. Приближенные методы высшего анализа / Л. В. Канторович, В. И. Крылов. — М.: ГИТТЛ, 1950. — 695 с.

УДК 519.6

С. Н. Болбин,
аспирант,
СПГУВК;

А. В. Васин,
канд. физ.-мат. наук, доцент,
СПГУВК

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА МЕТОДОМ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

CALCULATION RESULTS BY THE METHOD OF FLUID FLOWS OF BOUNDARY ELEMENTS

В работе тестируется комплексный метод граничных элементов (КМГЭ) для модельных областей. The complex method of boundary elements for the model domains is tested.

Ключевые слова: комплексный метод граничных элементов (КМГЭ), комплексный потенциал, формула Коши.

Key words: complex method of boundary elements, complex potential, Cauchy formula.

КОМПЛЕКСНЫЙ метод граничных элементов (КМГЭ) основан на применении интегральной формулы Коши. Для плоского безвихревого течения жидкости внутри односвязной области Ω с границей Γ можно построить комплексный потенциал

$$\omega(x, y) = \varphi(x, y) + i\psi(x, y), \quad (1)$$

где $\varphi(x, y)$ и $\psi(x, y)$ — гармонические на $\Omega \cup \Gamma$ функции, называемые потенциалом скоростей и функцией тока соответственно. Кривые, определяемые уравнением $\varphi = \varphi(x, y) = \text{const}$, называются линиями равного потенциала. Кривые, определяемые уравнением $\psi = \psi(x, y) = \text{const}$ являются линиями тока. Линии равного потенциала ортогональны линиям тока.

Рассмотрим односвязную область Ω, границей которой является замкнутый кусочно-гладкий контур Γ с n вершинами.

Разобьем границу Γ узлами z_j ($j = 1, 2, \ldots, m$) так, чтобы по крайней мере в каждой вершине границы находился узел ($m \geq n$). Пронумеруем узлы (последовательно, начиная с единицы) в положительном направлении обхода (против часовой стрелки) контура Γ (рис. 1).

Специфика задач гидродинамики такова, что на каждой части границы известна либо вещественная, либо мнимая часть потенциала. Обозначим символами $\overline{\varphi}_j$ и $\overline{\psi}_j$ заданные в узлах значения. Аналогично символами φ_j и ψ_j обозначим соответственно величины $\varphi_j(z_j)$ и $\psi_j(z_j)$, которые будут найдены в процессе КМГЭ.

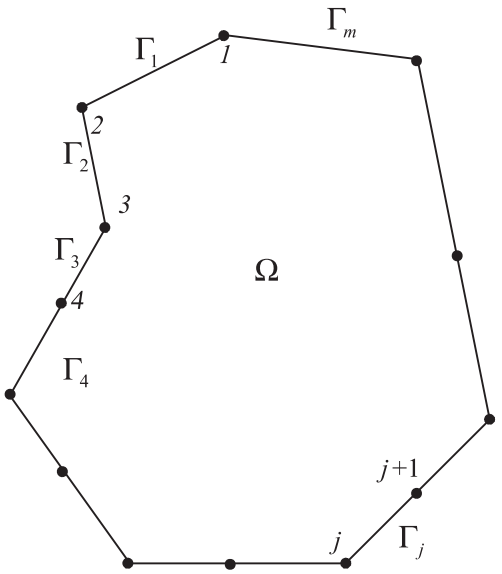


Рис 1. Нумерация узлов и граничных элементов области $\Omega \cup \Gamma$

Определим граничные элементы Γ_j на Γ соотношением

$$\Gamma_j = \left\{ z \in \Gamma; z = z_j (1-s) + z_{j+1} s, 0 \le s \le 1 \right\},$$

тогда

$$\Gamma = \bigcup_{j=1}^{m} \Gamma_j \qquad (2)$$

и $\Gamma_{j-1} \cap \Gamma_j = z_j$. Нумерация граничных элементов соответствует схеме нумерации узлов, представленной на рис. 1. Определим непрерывную глобальную пробную функцию на Γ следующим образом:

$$G_1(z) = \sum_{j=1}^{m} N_j(z) \bar{\varphi}_j + i \sum_{j=1}^{m} N_j(z) \bar{\psi}_j, \qquad (3)$$

где кусочно-линейная базисная функция, соответствующая узлу j, определяется выражениями

$$N_j(z) = \begin{cases} (z - z_{j-1}) / (z_j - z_{j-1}), & z \in \Gamma_{j-1}; \\ (z_{j-1} - z) / (z_{j+1} - z_j), & z \in \Gamma_j; \\ 0, \quad z \notin \Gamma_{j-1} \cup \Gamma_j. \end{cases} \qquad (4)$$

На рис. 2 показаны как линейные базисные функции, так и глобальная пробная функция $G_1(z)$. Глобальная пробная функция непрерывна на Γ и $G_1(z_j) = \varphi_j + i\psi_j$ ($j = 1, 2, \ldots, m$).

Аппроксимирующая функция определяется интегралом Коши:

$$\tilde{\omega}(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{G_1(\xi) d\xi}{\xi - z}, \quad z \in \Omega, \qquad (5)$$

где z — внутренняя точка области (z не принадлежит границе Γ), а интеграл понимается в обычном смысле. Аппроксимирующая функция $\tilde{\omega}(z)$ является аналитической в Ω, но ее граничные значения нам не известны. Их можно получить, вычислив интеграл Коши (5) в смысле главного значения для граничной точки z, и для потенциала получить линейные уравнения (6) (см. [2]):

$$2\pi i \tilde{\omega}(z_k) = \bar{\omega}_k \ln\left(\frac{z_{k+1} - z_k}{z_{k-1} - z_k} \right) + \sum_{j \ne k} \left(\frac{z_k - z_j}{z_{j+1} - z_j} \bar{\omega}_{j+1} - \frac{z_k - z_{j+1}}{z_{j+1} - z_j} \bar{\omega}_j \right) h_{j,k}, \qquad (6)$$

где величины h_j в формуле (6) определяются в виде

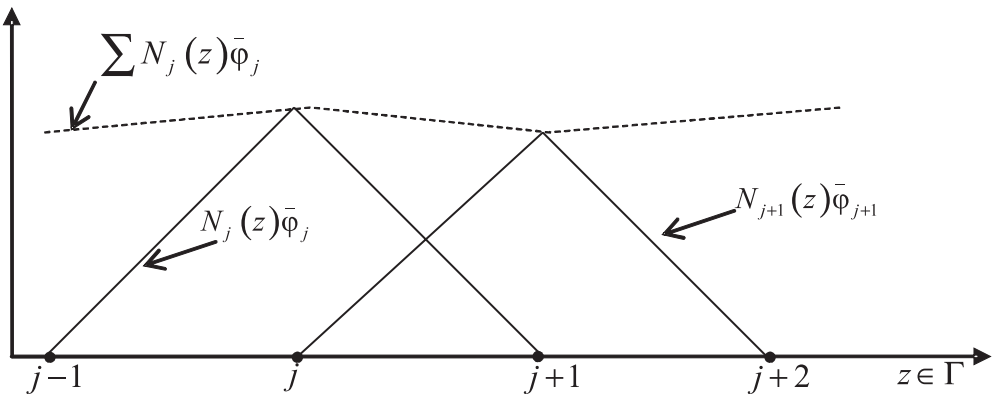


Рис. 2. Конструирование глобальной пробной функции (штриховая линия) из линейных базисных функций (сплошные линии)

$$h_{j,k} = \ln\left(\frac{z_{j+1} - z_k}{z_j - z_k}\right) = \\ = \ln\left|\frac{z_{j+1} - z_k}{z_j - z_k}\right| + i\left(\arg\left(z_{j+1} - z_k\right) - \arg\left(z_j - z_k\right)\right). \quad (7)$$

Записывая уравнение (6) для каждого узла границы и разделив мнимые и действительные части, получим линейную систему уравнений

$$AX + iBX = 0 \quad (8)$$

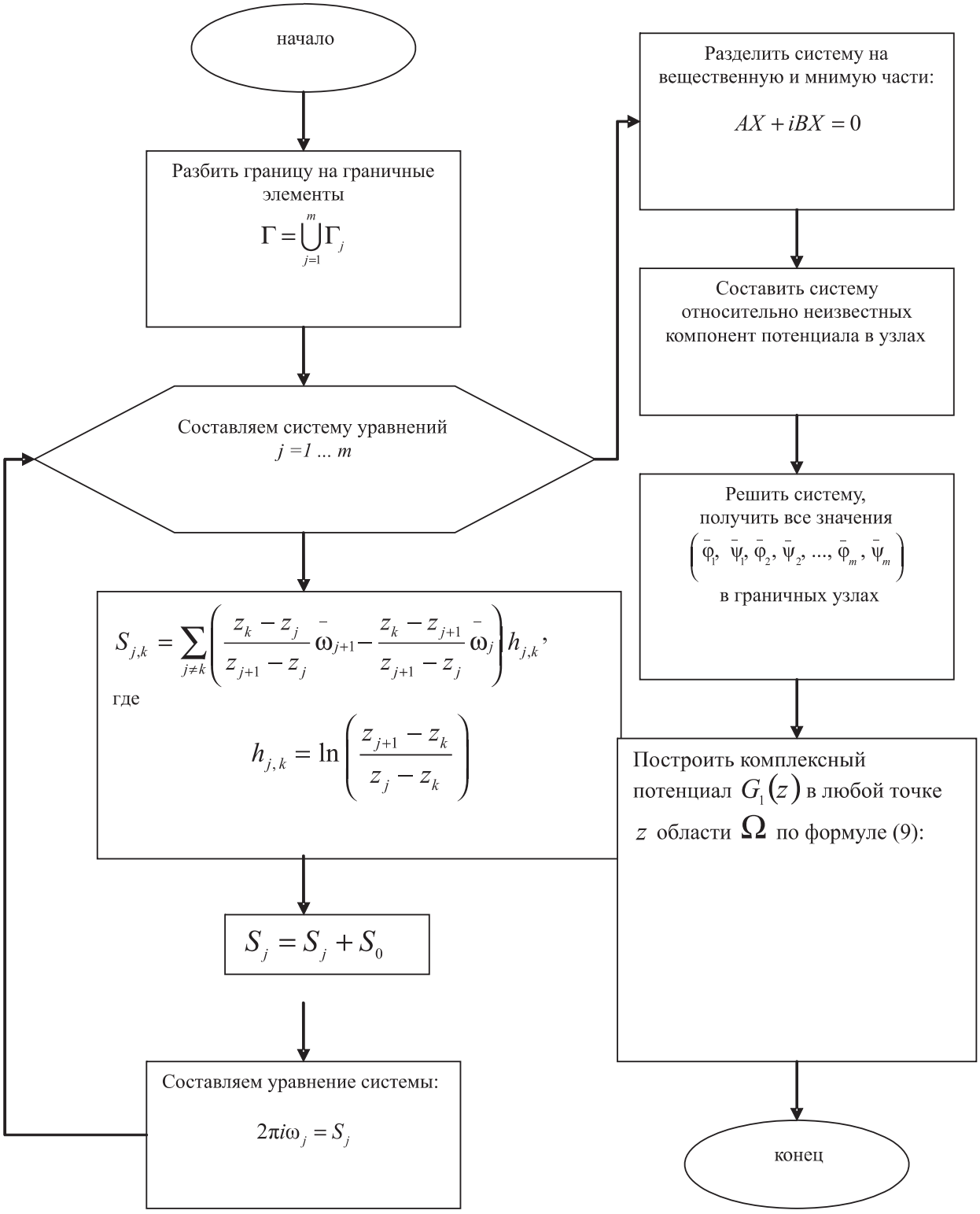


Рис. 3. Алгоритм расчета КМГЭ

относительно неизвестных составляющих комплексного потенциала $\omega_j = \varphi_j + i\psi_j$, где A и B — вещественные матрицы, а вектор $X = X(\varphi_1, \psi_1, \varphi_2, \psi_2, ..., \varphi_m, \psi_m)$ состоит из известных и неизвестных компонент потенциала в узловых точках. Дальнейшее разделение вещественных и мнимых частей приводит к чисто вещественной системе линейных уравнений относительно неизвестных компонент потенциала, решив которую получаем все значения $(\varphi_1, \psi_1, \varphi_2, \psi_2, ..., \varphi_m, \psi_m)$ в узловых точках. На основании полученных данных можно построить комплексный потенциал $G_1(z)$ в любой точке z области Ω:

$$2\pi i\,\tilde{\omega}(z) = \sum_{j=1}^{m}\left(\frac{z-z_j}{z_{j+1}-z_j}\bar{\omega}_{j+1} - \frac{z-z_{j+1}}{z_{j+1}-z_j}\bar{\omega}_j\right)h_j \quad (9)$$

На рис. 3 представлена схема выполнения расчета КМГЭ.

Расчет для модельной области

Выполним расчет для модельной области. При этом задачу поставим таким образом, чтобы результаты, полученные программным способом, можно было проверить аналитически.

Рассмотрим задачу в полукольце, показанном на рис. 4.

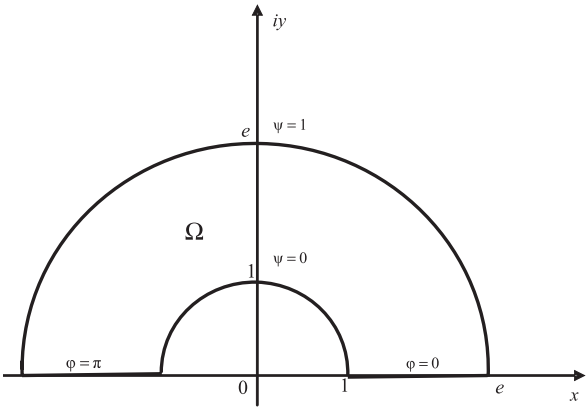


Рис. 4. Исходные данные примера

На дугах окружностей заданы значения функции тока (на полуокружности радиуса 1 имеем $\psi = 0$, а на полуокружности радиуса e имеем $\psi = 1$). На прямолинейных отрезках $[-e, -1]$ и $[1, e]$ заданы вещественные потенциалы $\varphi = \pi$ и $\varphi = 0$ соответственно. Аналитическое решение задачи при таких граничных условиях дает конформное отображение данного полукольца на прямоугольник $[0,1] \times [0, \pi]$, которое осуществляется функцией $\omega(z) = \ln(z)$. Это и есть искомый комплексный потенциал.

При выполнении численного расчета методом КМГЭ наш алгоритм должен действовать подобным образом и отобразить полукольцо на тот же самый прямоугольник. Разбиваем каждую из четырех линий, ограничивающих область Ω, на 40 равных отрезков. Тем самым заменяем границы, состоящие из полуокружностей на кусочно-линейные ломаные. Тем не менее обеспечивается точность, так как мы восстанавливаем комплексный потенциал $\omega(z) = \ln(z)$ в узловых точках, что полностью соответствует теоретическим вычислениям и иллюстрируется на рис. 5. Кроме того, в соответствии с теорией функций комплексного переменного известно, что внутри области линии тока являются дугами окружностей, а линии равного потенциала — перпендикулярными им радиальными линиями. При заданных условиях они должны отображаться на взаимно перпендикулярные отрезки в прямоугольнике. При выполнении расчетов, аналогично предыдущему, разбиваем линии тока и линии равного потенциала на отрезки и восстанавливаем значение комплексного потенциала во внутренних точках, что снова соответствует теоретическим расчетам, как показано на рис. 5. На этом рисунке горизонтальные линии являются линиями равного потенциала, а вертикальные соответственно — линиями тока.

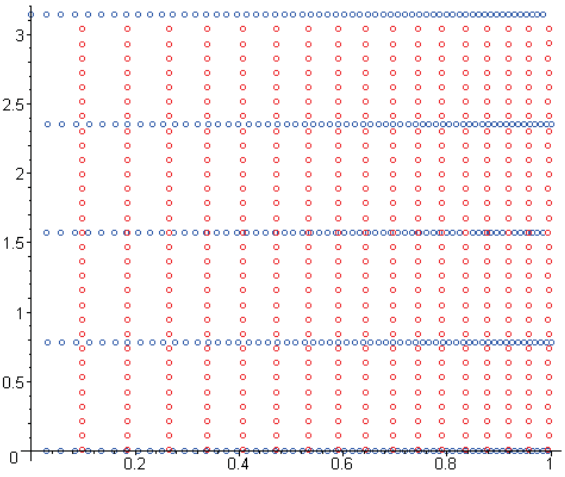


Рис. 5. Значение потенциала внутри области Ω

Вывод

Проверенной точности работы программы должно хватить и для произвольных областей. Этим способом можно получать описание плоскопараллельных потоков идеальной жидкости в произвольных областях со спрямляемыми границами. Кроме того, ценность КМГЭ в том, что в реальности интерес представляет не комплексный потенциал, а поле скоростей. Обычно для этой цели используются методы численного дифференцирования, которые в любом случае приводят к дополнительным вычислительным нагрузкам и потерям точности. В нашем же случае без нахождения комплексного потенциала внутри области, пользуясь модификацией формулы Коши (9), можно сразу вычислять поле скоростей во внутренних точках любого плоскопараллельного потока жидкости. Вторым преимуществом КМГЭ, в отличие от метода конечных элементов, является то, что формула Коши позволяет сделать двумерную задачу одномерной.

Авторы надеются продолжить подобные расчеты для получения комплексного потенциала для потоков, представляющих практический интерес в гидродинамике при реальных условиях.

Список литературы

1. *Афанасьев К. Е.* КМГЭ для решения плоских задач гидродинамики и его реализация на параллельных компьютерах / К. Е. Афанасьев, С. В. Стуколов. — Кемерово: КемГУ, 2001. — 208 с.

2. *Громадка П. Т.* Комплексный метод граничных элементов в инженерных задачах / П. Т. Громадка, Ч. Лей. — М.: Мир, 1990. — 303 с.

3. *Лаврентьев М. А.* Методы теории функций комплексного переменного / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. — М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. — 749 с.

4. *Лаврентьев М. А.* Проблемы гидродинамики и их математические модели / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. — М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. — 417 с.

УДК 517.1 (075.8)

К. П. Моргунов,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

А. В. Глущенко,
соискатель,
ЗАО КТПИ «Газпроект»

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПАРОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

STEAM PIPES RIGIDITY ANALYSIS ON THE BASIS OF MATHEMATICAL MODELLING

В статье рассматривается методика диагностики устойчивости элементов паропроводов на основе вычислительного эксперимента. Математическое моделирование позволяет повысить эффективность контроля, основанного на натурных испытаниях, в случае если последние проводятся в условиях, которые нельзя считать тождественными эксплуатационным.

The author examines a method of diagnostics of the steam pipes elements rigidity on the basis of computational experiment. Mathematical modeling allows to increase the control effectiveness based on actual tests in case if they are carried out in conditions which are not considered identical with field trials.

Ключевые слова: трубопроводы, гидравлические испытания, физическое моделирование, компьютерное моделирование, стержневая модель, оболочечная модель.

Key words: pipe lines, hydraulic tests, computational modeling, physical simulation, mainline model, shell model.

1. Введение

При создании технических устройств и систем различного назначения обычно рассматривают несколько возможных вариантов проектных решений, ведущих к достижению требуемых характеристик разрабатываемых устройств. Эти варианты принято называть *альтернативами*. Учет противоречивых требований и поиск компромисса в решении комплекса возникающих при этом взаимосвязанных проблем предполагают наличие достаточно полной и достоверной количественной информации об основных параметрах, которые характеризуют возможные для выбора альтернативы.

В сложившейся к настоящему времени последовательности основных этапов разработки технических устройств некоторый начальный объем необходимой информации, как правило, формируется путем предпроектных расчетов, степень достоверности которых обеспечивает лишь довольно грубый отбор альтернатив. Основная часть необходимой для принятия окончательного решения количественной информации (как по степени подробности, так и по уровню достоверности) обычно формируется на стадии экспериментальной отработки технических устройств.

По мере усложнения и удорожания таких устройств, а также усложнения стадии их экспериментальной отработки обоснованность предпроектных расчетов приобретает все большее значение. Возрастают требования к достоверности таких расчетов, обеспечивающей более обоснованный отбор альтернатив на начальной стадии проектирования и формулировку количественных критериев для структурной и параметрической оптимизации.

Значительное усложнение конструкций, используемых в быстроразвивающихся наукоемких отраслях современного машиностроения и приборостроения, приводит к ситуации, когда экспериментальная отработка таких конструкций требует все больше затрат времени и материальных ресурсов. В ряде случаев проведение экспериментальных испытаний в полном объеме превращается в проблему, не имеющую приемлемого решения, поскольку в лабораторных и даже натурных экспериментах невозможно воссоздать реальные условия функционирования технических объектов. Это особенно актуально, когда адекватный натурный эксперимент выполнить невозможно либо крайне опасно, то есть когда речь идет об устройствах, работающих в экстремальных условиях, — высокотемпературной, космической или ядерной технике.

В этих условиях существенно повышается значение расчетно-теоретического анализа характеристик таких устройств и систем. Успехи современной вычислительной (компьютерной) техники обеспечили материальную базу для становления и быстрого развития *математического моделирования*, появились реальные предпосылки для использования *вычислительного эксперимента* не только в качестве расчетно-теоретического сопровождения на стадии отработки технического устройства, но и при его проектировании, подборе и оптимизации его эксплуатационных режимов, анализе его надежности и прогнозировании отказов и аварийных ситуаций, а также при оценке возможностей форсирования характеристик и модернизации технического устройства.

В настоящее время математическое моделирование и вычислительный эксперимент стали составной частью общих подходов, характерных для современных информационных технологий и разработки систем автоматизированного проектирования. Принципиально

важно, что математическое моделирование, применяемое при создании различных систем автоматизированного проектирования, позволяет объединять формальное и неформальное мышление и сочетать возможности ЭВМ со свойствами человеческого интеллекта (интуиция, ассоциации и пр.). Это обусловлено в том числе и тем, что современные средства отображения информации позволяют работать с ЭВМ в диалоговом режиме — анализировать альтернативы, проверять предположения, рассматривать несколько различных математических моделей, визуализировать результаты.

2. Постановка задачи

Турбины мощностью 1000 кВт для АЭС включают в свой состав в стандартной компоновке цилиндр высокого давления (ЦВД) и четыре цилиндра низкого давления (ЦНД). Как известно, параметры пара, вырабатываемого реактором, невысоки, и для обеспечения желаемой мощности приходится иметь дело с большими объемными расходами. Это приводит к необходимости применять паропроводы большого диаметра. Схема подвода пара к ЦНД от сепаратора пароперегревателя (СПП) показана на рис. 1.

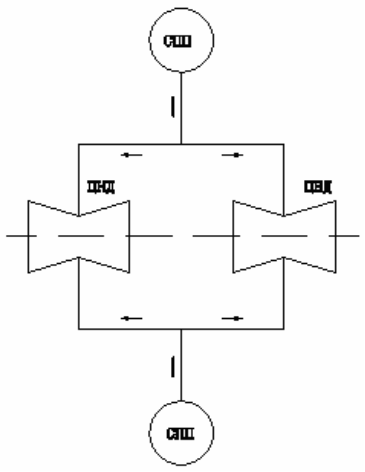


Рис. 1. Схема подвода пара к ЦНД от СПП

Например, у турбины К-1000-60/3000 диаметр трубопровода, идущего от СПП, составляет 1420 мм, далее используется тройник специальной конструкции (см. рис. 2) и пар подводится к ЦНД по трубам диаметром 1220 мм. Для снижения нагрузок, передаваемых от трубопровода такого большого диаметра на цилиндры (данные нагрузки могут препятствовать нормальному расширению цилиндров), в конструкции тройника предусмотрены компенсаторы.

После изготовления такого тройника согласно правилам и нормам в атомной энергетике, помимо различных видов контроля за качеством выполнения сварных швов, предусмотрена программа гидроиспытаний. Следует отметить, что гидроиспытания не воспроизводят полностью условия функционирования такого тройника. Находясь в составе паропровода, тройник пропускает пар при высокой температуре. Испытания же высокотемпературным паром представляют опасность для испытательного оборудования и персонала в случае повреждения паропровода. Гидроиспытания представляют собой, таким образом, физическое моделирование эксплуатационных нагрузок. Но, к сожалению, такой экспериментальный контроль не дает достоверных результатов. По нашему мнению, в данной ситуации возможно проводить контроль качества с помощью вычислительного эксперимента с использованием тщательно разработанной математической модели.

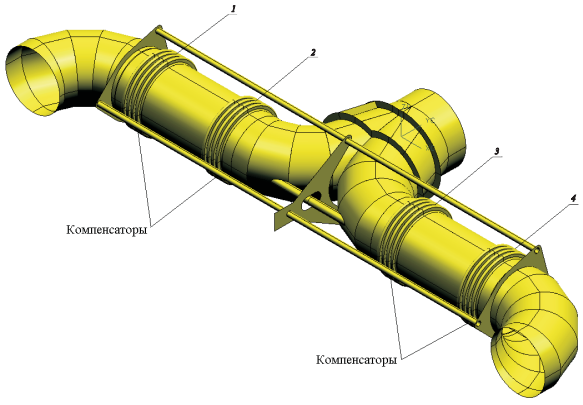


Рис. 2. Тройник специальной конструкции

При проведении гидроиспытаний тройник обычно располагается горизонтально, также он располагается и после монтажа на АЭС в составе трубопровода горячего промперегрева. Компенсаторы, использующиеся в тройнике, могут иметь специальные, так называемые «транспортные» стяжки. Они представляют

собой стержни, расположенные с двух сторон компенсатора по окружности, к которым болтами крепится лист, закрывающий гофры компенсатора от возможных повреждений в процессе транспортировки (так как малейшие царапины на гофрах компенсатора являются опасными и могут стать причиной разрушения компенсатора в процессе эксплуатации). При гидроиспытаниях эти стяжки могут не сниматься, что придает конструкции дополнительную жесткость, однако не соответствует эксплуатационным условиям.

Известны случаи, когда при проведении гидроиспытаний тройник располагали вертикально (см. рис. 3).

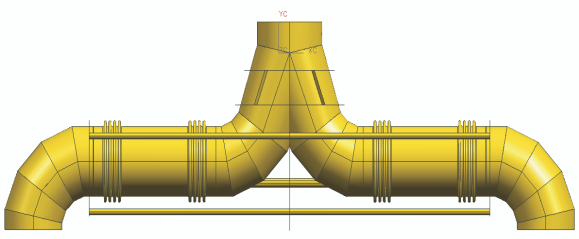


Рис. 3. Вертикальное расположение тройника при гидроиспытаниях

При этом перед испытаниями снимали и транспортные стяжки. В результате при давлении гидроиспытаний p = 8,2 атм конструкция деформировалась в горизонтальной плоскости (см. рис. 4). При этом разрушения конструкции не произошло, но компенсаторы были повреждены и стали непригодны к дальнейшей эксплуатации.

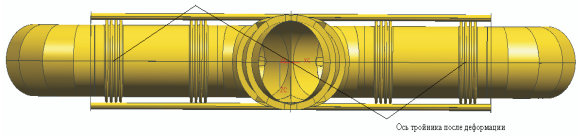


Рис. 4. Деформация тройника после проведения гидроиспытаний

Анализируя ситуацию, можно прийти к выводу, что деформация может быть связана с неправильной схемой гидроиспытаний (вертикальное расположение тройника, снятие транспортных стяжек), это обстоятельство привело к потере устойчивости, которая была связана с наличием компенсаторов, низкая угловая жесткость которых явилась определяющим фактором в данной ситуации.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

— проведение гидроиспытаний — это физическое моделирование условий эксплуатации элементов паропроводов;

— условия проведения гидроиспытаний должны тщательно подбираться, исходя из предварительно проведенного вычислительного эксперимента;

— разработка экспериментально верифицированной математической модели и создание на ее основе программно-алгоритмического комплекса для вычислительных экспериментов позволит выбирать более адекватные условия для физического моделирования, а в ряде случаев и исключать физическое моделирование.

3. Результаты расчетов

Разработанная компьютерная модель, реализованная с использованием программного комплекса на базе ANSYS, позволяет проводить вычислительные эксперименты с элементами паропроводов. Например, гидроиспытания были заменены проведением расчетов на устойчивость рассмотренной конструкции (тройника). Были проведены расчеты данной конструкции на устойчивость по стержневой модели. В качестве нагрузки были взяты усилия, передаваемые крайними полулинзами компенсаторов на прилегающие участки трубопровода, вызываемые внутренним давлением (см. рис. 5). Величина силы вычислялась по формуле

$$F = P_{\text{гидр}}\, S_{\text{пл}},$$

где $P_{\text{гидр}}$ — давление гидроиспытаний,

$S_{\text{пл}} = \dfrac{\pi(D_{\text{л}}^2 - D_{\text{тр}}^2)}{4}$ — площадь полулинзы.

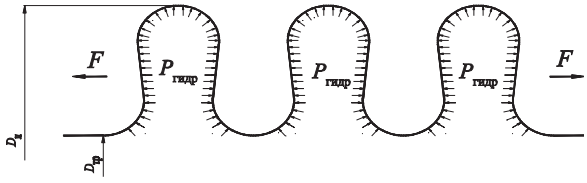


Рис. 5. Воздействие внутреннего давления на компенсатор

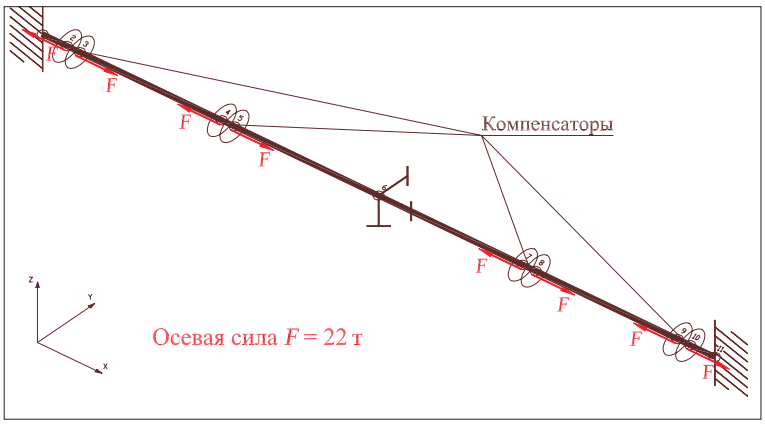


Рис. 6. Расчетная схема для тройника

Величина осевой силы, определяемая таким образом, составила $F = 22\,000$ кгс.

Осевая жесткость компенсаторов по данным производителя составила

$K_{ос} = 1390$ кгс/см.

Угловая жесткость определялась по формуле

$K_{\varphi} = \pi K_{ос} R^2 / 180,$

где R — радиус компенсатора.

Расчет проводился по нескольким расчетным схемам:

Первая схема (см. рис. 6).

Данная схема моделировала участок тройника, расположенный внутри стяжек. Стяжки были заменены жесткой заделкой по краям. В центральной точке также вводилось закрепление по трем направлениям. Первая форма потери устойчивости для такой схемы показана на рис. 7. Коэффициент запаса по критической силе составил 4,585.

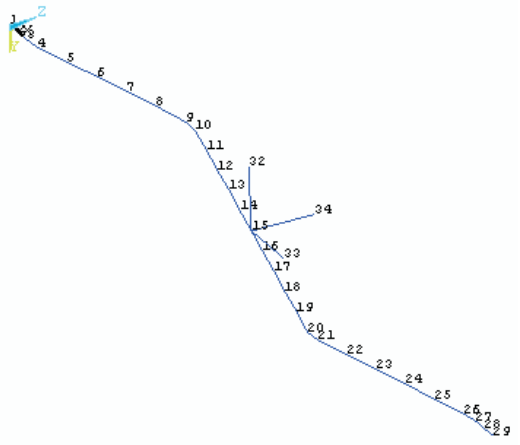


Рис. 7. Потеря устойчивости при расчете по первой схеме

Вторая схема. Во второй схеме были смоделированы стяжки. Первая форма потери устойчивости для данной схемы показана на рис. 8. Коэффициент запаса по критической силе составил 4,468.

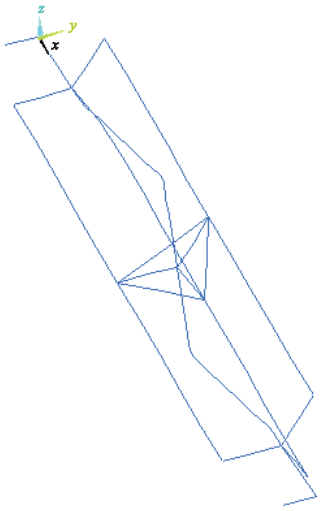


Рис. 8. Потеря устойчивости при расчете по второй схеме

Третья схема. С целью выяснения поведения конструкции в реальных условиях (то есть после монтажа в рабочем состоянии) расчет был также проведен по схеме, когда тройник работал в составе трубопровода, соединяющего СПП и ЦНД. Первая форма потери устойчивости показана на рис. 9. Коэффициент запаса по критической силе составил 56,311.

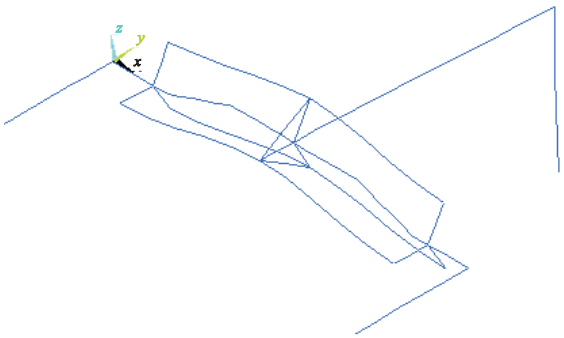


Рис. 9. Потеря устойчивости при расчете по третьей схеме

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что форма потери устойчивости совпадает с той, которая наблюдалась при гидроиспытаниях. Но коэффициент запаса по критической силе (4,585 и 4,468) указывает

на то, что потери устойчивости при гидроиспытаниях не должно было происходить, тем более она невозможна при работе тройника в составе трубопровода горячего промперегрева (запас по критической силе 56,311).

Следует отметить следующее: величина осевой силы с которой компенсатор воздействует на прилегающие участки трубопроводов, определяется не площадью выступающей части компенсатора ($S_{пл}$), а величиной так называемой эффективной площади, которая оценивается как:

$$S_{эф} = \frac{\pi D_{л}^2}{4}.$$

С учетом этого величина осевой силы воздействия компенсатора на трубопровод, принятая нами равной F = 22 000 кгс, составит ≅ 100 000 кгс. При такой нагрузке коэффициент запаса по критической силе (расчет по схемам 1 и 2) составляет примерно 1,0, что указывает на возможность потери устойчивости при гидроиспытанях, что и произошло на практике. Но в реальных условиях (в рабочем состоянии) потери устойчивости быть не должно.

Аналогичные результаты были получены при проведении расчетов на основе оболочечной модели, которая основана на методе конечных элементов. На рис. 10 приведена конечноэлементная модель рассматриваемой конструкции.

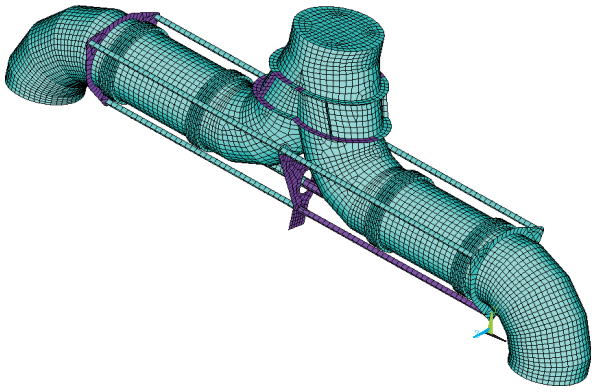


Рис. 10. Конечноэлементная модель (оболочная) рассматриваемой конструкции

Следует отметить, что моделирование на основе метода конечных элементов гораздо более трудоемкая процедура по сравнению с моделированием на основе стержневой модели, рассмотренной выше. Форма потери устойчивости рассматриваемого объекта при расчете с использованием оболочной модели при нагружении внутренним давлением показана на рис. 11.

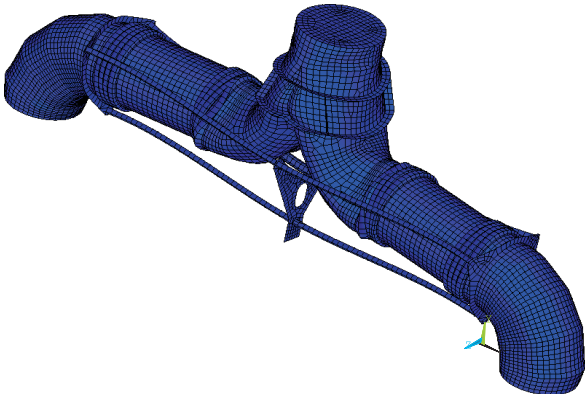


Рис. 11. Форма потери устойчивости при расчете с использованием оболочной модели при нагружении внутренним давлением

4. Выводы

В работе обоснована исключительная важность проведения вычислительных экспериментов (предпроектных расчетов) при проведении диагностики устойчивости элементов паропроводов. Вычислительные эксперименты важны как сами по себе, так и с точки зрения планирования экспериментов по физическому моделированию (проведению гидроиспытаний). Проведение вычислительных экспериментов позволяет критически осмыслить результаты гидроиспытаний, ибо последние, по понятным причинам, будут приводить к завышенным требованиям к оборудованию.

Большое значение имеет правильный с точки зрения соотношения трудоемкости и достоверности (точности) получаемых результатов выбор расчетной модели. Во многих случаях стержневая модель будет давать достаточные по точности результаты, как и в случае, рассмотренном выше. При этом применение оболочных либо твердотельных моделей должно в каждом конкретном случае дополнительно обосновываться, поскольку, несмотря на мощные современные средства вычисления, трудоемкость по созданию модели и расчеты по ним остаются весьма значительными.

Список литературы

1. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.

2. ПНАЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.

3. *Клаф Р.* Динамика сооружений: пер. с англ. / Р. Клаф, Дж. Пензиен. — М.: Стройиздат, 1979.

4. *Норри Д., де.* Введение в метод конечных элементов: пер. с англ. / Д. де Норри, Ж. Фриз. — М.: Мир, 1981.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА

УДК 621.436:621.43.068.8.001.5

О. К. Безюков,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

Е. В. Макарьев,
стажер-аспирант,
СПГУВК

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О СУДОВОМ ОБОРУДОВАНИИ

AUTOMATED SYSTEM OF COLLECTION, KEEPING AND PROCESSING AN INFORMATION ON SHIP EQUIPMENT

В статье произведен анализ основных средств обработки, систематизации и хранения информации о судовом оборудовании, в том числе специализированное программное обеспечение, рассмотрена целесообразность создания электронной торговой площадки.

The article gives analysis of the main means of the processing, systematizations and keeping information, including specialized software. Expediency of the electronic trade platform creation is considered.

Ключевые слова: судостроение, судовое машиностроение, ФЦП «Развитие гражданской морской техники», базы-данных, системы классификации, автоматизированные системы по сбору, обработке и анализу информации, источники информации, модульно-агрегатный метод, карта технического уровня и качества, конкурентный лист, система поддержки принятия решения, электронная торговая площадка.

Key words: shipbuilding, ship mechanical engineering, FTP "Development of civil sea technics", databases, systems of classification, the automated systems on gathering, processing and the information analysis, information sources, the modulno-modular method, the technological level and quality card, competitive sheet, the decision support system, electronic trade platform.

СТРАТЕГИЯ развития судостроительной промышленности на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу, утвержденная 6 сентября 2007 г. приказом № 354 Минпромэнерго РФ, а также федеральная целевая программа «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы» предусматривают разработку конкурентоспособных на мировом рынке судов и судового оборудования.

Выполнение этих задач невозможно без существования специально созданных отраслевых баз данных, содержащих и систематизирующих всю имеющуюся на данный момент информацию, касающуюся судового оборудования, производящегося как в Российской Федерации, так и за рубежом.

Создание баз данных представляет собой формализованную технологию идентификации предметов снабжения, которая включает:

— классификацию изделий в соответствии с официально утвержденным классификатором предметов снабжения;

— составление каталожных описаний предметов снабжения по заданным шаблонам;

— выявление уникальности предмета снабжения на основе утвержденного комплекса характеристик (идентификацию предметов снабжения);

— кодирование предметов снабжения.

Авторами настоящей статьи в рамках выполнения НИОКР «Классификация информации о производящемся судовом оборудовании в системах автоматизированного проектирования судовых энергетических установок» (заказчик ЗАО НИИ «СЕВЕРЭВМ-

КОМПЛЕКС») и «Разработка предложений по комплектации судов импортным оборудованием» (заказчик ФГУП «Внешнеторговое предприятие “СУДОЭКСПОРТ”») *были проанализированы методы таксономии (теории классификации), а также рассмотрены основные отечественные и зарубежные системы классификации.*

По результатам произведенного анализа была предложена структурная схема системы классификации судового оборудования, представленная в работе.

В качестве конечных звеньев в предлагаемой системе могут служить такие источники информации о судовом оборудовании, как карта технического уровня и качества продукции, являющаяся основным нормативно-техническим документом, отражающим требования, предъявляемые к конкретному виду продукции, а также данные о показателях качества планируемого (перспективного) образца и аналогов, выпущенных в России и за рубежом, а также конкурентные листы — вид внешнеторговой информации, обобщающей данные о ценах, технико-экономических показателях, качестве и коммерческих условиях реализации экспортируемой и импортируемой продукции. Формирование баз данных предполагает достаточную информированность об анализируемых объектах.

Подобные базы данных способны успешно использоваться при повсеместном внедрении технологии модульно-агрегатного метода монтажа оборудования при строительстве судов. Созданные базы знаний смогут быть интегрированы как в существующие, так и во вновь разрабатываемые системы автоматизированного проектирования (САПР). На их основе могут быть разработаны программные средства автоматизированного сбора, обработки, хранения и выдачи информации, касающейся всего судового оборудования.

Автоматизированная система обработки и хранения информации по судовому оборудованию должна быть построена поэтапно в соответствии со следующим иерархическим принципом:

1-й уровень — база данных;

2-й уровень — информационно-аналитическая система поддержки принятия решений;

3-й уровень — международная специализированная электронная торговая площадка «Судовое оборудование».

В качестве примера создания автоматизированной системы обработки и хранения информации можно рассмотреть справочник стандартных изделий, разработанный компанией ЗАО «АСКОН».

По информации, предоставленной ЗАО «АСКОН», корпоративный справочник стандартных изделий предназначен для централизованного хранения и использования информации о наиболее часто применяемых типовых и стандартных изделиях. В справочник уже внесены более 500 тыс. трехмерных и двухмерных моделей и чертежей. Единая информационная база данных доступна с рабочего места конструктора, технолога и других специалистов. Справочник может использоваться совместно с интегрированной внешней программой либо как независимое программное приложение. Для работы справочника нет необходимости использовать систему управления базами данных (СУБД), таким образом, упрощается использование и администрирование справочника. Справочник построен на международных стандартах ISO 10303, 13584 (Parts Library), приемлем для ISO 15926.

Однако разработанный в ЗАО «АСКОН» электронный каталог не в полной мере отвечает поставленным в указанных выше НИОКР целям и задачам. Кроме того, для создания баз данных, целесообразно применение программных средств, которые уже более длительное время используются в библиотечной практике как в России (электронные каталоги, РГБ, РНБ, БАН, система «ИРБИС», так и за рубежом (например, электронный каталог Библиотеки Конгресса США).

Другим примером организации автоматизированных систем сбора и хранения информации может служить электронно-библиотечная система (ЭБС) — совокупность электронных документов, объединенных по тематическим и целевым признакам, снабженная дополнительными сервисами, облегчающими поиск документов и работу с ними, и соответствующая всем требованиям Федеральных государственных образовательных стандар-

тов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения [14].

Существующие библиотечные информационные технологии в настоящее время строятся на общих методах обработки информации (стандартах хранения и передачи данных, программных средствах). Большинство автоматизированных библиотечных систем используют стандарт ISO-2709, в котором предусмотрена организации электронного каталога в виде файлов с последовательным доступом. Общеизвестно, что такой способ обработки информации снижает общую эффективность процессов при работе с большими массивами данных и требует достаточно сложного программного кодирования любых, даже самых простых операций с данными (поиск, отображение, сортировка и т. д.).

Однако наиболее перспективным и универсальным средством разметки структурированных данных является язык XML. Иерархическая структура библиографической записи хорошо согласуется с объектной моделью XML документа. Использование XML в качестве формата хранения библиографических данных позволяет осуществлять контроль корректности библиографических записей на уровне проверки XML-документа на состоятельность, а также возможность преобразования записей в желаемую текстовую структуру, используя таблицы стилей XML [16].

О. В. Барановой, О. Г. Бунтовой, Д. А. Каплуновым, И. Г. Лисьих, К. Э. Ловицким, О. Н. Мансуровой из Уральского государственного университета им. А. М. Горького [8, с. 64–65; 13; 15, с. 152–154] предложен новый подход к построению основы информационной системы библиотеки — электронного каталога, модель которого строится на основе структурной модели документа и предполагает реализацию следующих основных функций: импорт записей, проверку записей на корректность, трансформацию записей и визуализацию записей с использованием программы для просмотра и редактирования XML-документов.

В целях сохранения унаследованных наборов данных, представленных в формате USMARC, реализована функция импорта из линейного формата [17; 18]. Для этого используется конвертер XMLMARC (Stanford University), который допускает свободное некоммерческое использование. Конвертер написан на языке программирования Java [10] и не требует специализированного программного и аппаратного обеспечения. Он выполняет гибкое конвертирование MARC-записи (USMARC) в XML-документ [18].

Таким образом, использование XML в качестве базового формата хранения библиографической информации позволяет организовать эффективный импорт метаданных в электронный каталог используя «штатные» средства XML и не требуя разработки специфических программных модулей.

Правильность избранного подхода подтверждает тот факт, что близкие по содержанию разработки ведутся в таких крупных центрах, как Библиотека Конгресса США, Стэндфордский университет и др.

Перспективность предложенного подхода и его преимущества по сравнению с традиционными методами обработки библиографической информации для нас не вызывают сомнений. Однако реальные практические результаты могут быть получены только после принятия общероссийских библиотечных стандартов, ориентированных на новые информационные технологии. Разработка электронных каталогов судового оборудования свободна от таких ограничений.

Таким образом, электронная база данных по судовому оборудованию должна сочетать в себе возможности обоих изложенных подходов, предложенных ЗАО «АСКОН» и Уральским государственным университетом, и решать следующие задачи:

1) формирование в автоматизированном режиме с использованием средств Интернета электронной базы данных о судовом оборудовании в соответствии с модульно-агрегатным подходом к его проектированию, производству и монтажу на основе ПР 50-718-94 «Правила заполнения и представления каталожных листов продукции» и ГОСТ 2.116-84. «Карта технического уровня и качества продукции»;

2) предоставление графической информации, в том числе 3D-моделей судового оборудования;

3) проверку (верификацию) достоверности технической информации на основе сопоставления данных, предоставленных производителями оборудования, с результатами расчета аналогичных показателей, полученных с использованием многопараметрических регрессионных зависимостей.

Как уже было сказано выше, реализацию электронной базы данных целесообразно строить на основе использования семейства стандартов XML и связанных с ним технологиях.

Важнейшей задачей, возникающей при анализе сложных технических систем, является разработка структуры базы данных, адекватно отражающей существо предмета исследования и значения показателей (наполнение базы данных).

Основной проблемой принятия сложных решений по формированию современной наукоемкой, высокотехнологичной продукции судостроения является значительное превышение объема информации о сравниваемых альтернативах над возможностями специалистов по ее оперативной обработке.

При принятии ответственных задач многокритериального анализа, когда цена принятия неправильных решений исключительно высока, исключение из учета даже части существенных критериев представляется недопустимым.

В работе [11] приведены следующие задачи, встающие перед производителем и потребителем:

С точки зрения производителя:

— выбор перспективной модели для постановки на производство;

— выбор поставщиков;

— выбор комплектующих;

— выбор технологического оборудования, технологии.

С точки зрения потребителя:

— выбор образцов оборудования;

— выбор услуг (обслуживание, обучение персонала и т. д.).

В качестве средства решения обозначенных проблем методология системного анализа предлагает декомпозиционно-агрегативный подход к решению многокритериальных задач. Декомпозиция сложных задач традиционно осуществляется путем формирования иерархии критериев на этапе постановки задачи, а агрегирование — путем калькулирования (как правило, на базе взвешенного суммирования) оценок, полученных на различных уровнях иерархии критериев с учетом их относительной приоритетности.

Процесс подготовки и принятия решений включает пять основных этапов [11]:

— анализ объекта оценки, определение целей принятия решений (иерархия целей);

— постановка задачи (структуризация), включая генерацию или выбор альтернатив, разработку системы критериев;

— получение исходных данных (определение весомости критериев, получение информации по альтернативам);

— решение задачи с применением математических методов и вычислительной техники;

— анализ результатов и возвращение при необходимости к ранним этапам решения задачи.

Процесс принятия решения включает формализацию исходной проблемы, построение и решение математической модели, анализ решения и формирование управленческого решения.

Исходя из этого, можно утверждать, что с информационно-аналитической точки зрения основной задачей **систем поддержки принятия решений** (СППР) является предоставление возможности описания иерархий критериев и агрегирование оценок, полученных на разных уровнях указанной иерархии.

Основные характеристики систем поддержки принятия решений [11]:

— точность используемой информации;

— степень детализации информации;

— временной горизонт требуемой информации;

— частота использования;

— внутренние и внешние источники информации;

— широта охвата информации;

— количественная/качественная информация;

— оперативность информации.

В настоящее время в России разработаны и нашли применение следующие програм-

мные средства СППР:

1) «Быстрый рейтинг»;
2) «Метод анализа иерархий»;
3) «Выбор проекта»;
4) «Приоритетность финансирования»;
5) “Alter”;
6) “PILOT” и «ОЦЕНКА и ВЫБОР».

Программа «Быстрый рейтинг» создана П. В. Горским — специалистом в области системного анализа и программирования. Программа реализована в операционной системе Windows в качестве приложения программы Excel. Система позволяет производить анализ вариантов решения по неограниченному числу критериев, каждый из которых оценивается несколькими экспертами. На основании экспертных оценок система рассчитывает рейтинги вариантов. Расчет рейтингов производится на основе 5-балльных оценок с учетом рангов экспертов, ранжировки критериев и степени превосходства рангов. При определении обобщенной ранжировки используется специальный математический аппарат, основанный на медиане Кемени.

Преимущества: система реализует достаточно простой интерфейс, который позволяет пользователям, знакомым с программой Excel, быстро освоить и эту программу.

Недостатки: программа реализует достаточно грубый алгоритм преобразования абсолютных значений показателей в ранги. При определении весов критериев не используется механизм парных сравнений, что также может приводить к значительным искажениям при агрегировании информации и расчете итоговых рейтингов.

Система поддержки выбора решений «Метод анализа иерархий» разработана МГТУ им. Баумана и реализована в операционной системе Windows в пакете Matlab 4.0. В соответствии с названием система реализует метод анализа иерархий Т. Саати. Система позволяет обрабатывать 3-, 4- и 5-уровневые иерархии.

Преимущества: система сочетает экспертные процедуры Т. Саати с математическим подходом, связанным с алгебраической теорией матриц.

Недостатки: программа может быть использована только для задач, не поддающихся прямому количественному описанию, то есть только для задач относительной оценки.

Автоматизированная система экспертного оценивания «Выбор проекта» разработана коллективом под руководством д-ра техн. наук, профессора Б. Г. Литвака. Программа реализована в операционной системе DOS. Система предназначена для оценки сравнительной предпочтительности проектов любого сложного объекта. Система ориентирована на работу экспертов высокой квалификации и обладает возможностью работы в условиях неполной экспертной информации.

Система реализует следующие функции:

— классификацию проектов для исключения дублирования;

— оценку проектов по интегральному критерию и анализ согласованности решений экспертов на ее основе;

— классификацию экспертов по согласованности оценок;

— многокритериальную оценку проектов и их ранжирование каждым экспертом по результатам этой оценки;

— построение обобщенных ранжировок проектов.

Недостатки: в системе не реализована процедура определения весов критериев на основе парных сравнений, что может снижать достоверность экспертных оценок. Система обладает достаточно неудобным интерфейсом, который требует постоянных консультаций разработчика при решении задач.

Автоматизированная система экспертного оценивания «Приоритетность финансирования» разработана под руководством д-ра техн. наук, профессора Б. Г. Литвака. Программа предназначена для определения наиболее предпочтительных проектов при заданном общем объеме финансирования. Для этого решаются три основные задачи:

— проводится оценка конкурентоспособности изделия по отношению к аналогам;

— оценивается приоритетность нескольких возможных направлений;

— с учетом приоритетов и ограничений определяются ресурсы.

При оценке конкурентоспособности изделия система проводит его многокритери-

альную оценку и строит обобщенные ранжировки изделия и аналогов. Обобщенная оценка изделий и аналогов определяется на основе значений оценок по частным показателям с использованием специально разработанных вербально-числовых шкал.

Преимущества: низкие требования к программно-аппаратной части.

Недостатки: как и в описанной выше системе того же разработчика, здесь также не реализована процедура определения весов критериев на основе парных сравнений, что может снижать достоверность экспертных оценок.

Система поддержки принятия решений (СППР) "ALTER", разработанная ЦНИИ ВВС, предназначена для проведения процесса принятия решения по выбору рационального варианта из исходного множества альтернативных вариантов с учетом многокритериального анализа и неопределенности исходной информации [11; 12].

В системе реализован ряд методов теории принятия решений, в том числе:

— метод идеальной точки;

— метод лучшей суммы мест;

— метод доминирующих критериев;

— методы на основе критерия Гурвица и принципа Парето;

— методы "ELECTRE" и "PROMETHEE" и др.

Использованный методический аппарат в совокупности с методом стохастического доминирования позволяет решать типовые задачи принятия решений:

— линейное и групповое ранжирование по предпочтению множества альтернативных вариантов;

— выбор одного или нескольких лучших вариантов из исходного множества альтернатив;

— провести ряд критериальных исследований — корреляционный и кластерный анализ критериев; снижение размерности критериев; оценку степеней относительной важности критериев.

Система адаптирована к пользователю и не требует специальных знаний из области теории принятия решений, так как процесс поиска рационального решения осуществляется в диалоговом режиме с использованием эффективной системы подсказок. Использование интерактивного режима позволяет лицу, принимающему решение, активно участвовать в процессе принятия решений, используя свой опыт и интуицию. В системе заранее не накладываются какие-либо ограничения на количество критериев и альтернативных вариантов.

СППР "ALTER" обладает удобным интерфейсом и позволяет визуализировать и документировать результаты на каждом шаге поиска решений, прерывать процесс и возобновлять его без потери информации.

Информационно-аналитические системы "PILOT" и «ОЦЕНКА и ВЫБОР» разработаны канд. техн. наук А. И. Иоффиным, канд. техн. наук Д. А. Абдрахимовым — независимыми консультантами в области экспертного оценивания и поддержки принятия решений. Программы реализованы в операционной системе DOS ("PILOT") [4; 11] и Windows («ОЦЕНКА и ВЫБОР») [5–7; 11]. Системы предназначены для оценки, сравнения и выбора наилучших из возможных решений и позволяют распределять процедуру подготовки и принятия решений между приглашенными экспертами, специалистами и руководителями в соответствии с их компетенцией и ответственностью.

Информационно-аналитическая система (ИАС) «Пилот» — это универсальная программа, предназначенная для решения задач, связанных с обработкой и хранением больших массивов информации, позволяющая решать следующие задачи:

— практически неограниченное число анализируемых объектов. Также допускается многокритериальная оценка единственного объекта;

— возможность работы как с относительными, так и с абсолютными оценками объектов;

— создание и ведение баз данных с различными типами количественных и качественных показателей;

— создание и ведение баз методик (моделей) анализа. В каждой методике сохраняется иерархия анализируемых показателей объектов, а также предпочтения и требования к этим показателям;

— весовые коэффициенты могут задаваться непосредственно или определяться на основе парных сравнений. Для контроля надежности результатов парных сравнений оценивается последовательность высказываний экспертов;

— в результате анализа система вычисляет итоговые рейтинги анализируемых объектов. При этом одновременно выдаются результаты, полученные методами простого взвешивания и идеальной точки. Кроме того, выдаются результаты доминантного анализа Парето.

Система может выдавать предварительные результаты анализа при неполных массивах исходной информации, позволяет проводить углубленный многокритериальный анализ объектов любой сложности.

ИАС «Пилот» является программной оболочкой и может быть использована для сравнительного анализа объектов только после разработки целевой структуры базы данных исследуемого объекта и ввода значений необходимых характеристик.

ИАС «ОЦЕНКА и ВЫБОР» является более новой версией ИАС «Пилот», использующей графический интерфейс Windows, созданной с учетом опыта конкретных задач при взаимодействии с пользователями ИАС «Пилот». Применение интерфейса Windows позволяет существенно снизить требования к квалификации пользователя. В системе предусмотрена совместимость с другими программами путем штатного импорта информации из таблиц Excel.

Анализ изложенных выше сведений об используемых в СППР “ALTER” принципах принятия решений указывает на общность методов сравнительного анализа СППР “ALTER” и «Пилот». Вместе с тем ИАС «ПИЛОТ» находится на рынке программных продуктов уже с 1989 г., постоянно совершенствуется, имеет совершенный интерфейс и в настоящее время ее современная версия в среде Windows получила название «ОЦЕНКА и ВЫБОР».

Таким образом, автоматизированные информационно-аналитические системы поддержки принятия решений являются необходимым инструментом перспективного планирования и проектирования, а также при заключении контрактов на разработку судового оборудования.

Однако применяемые сегодня методики в большинстве случаев базируются на сопоставлении технико-экономических и других показателей научно-технического уровня и качества оцениваемого изделия с базовым образцом (ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия и определения), принятым в качестве эталона сравнения. Его выбор осуществляется на основе слабо формализованных и длительных по времени экспертных процедур, снижающих достоверность и не обеспечивающих своевременность получения оценок научно-технического уровня и качества и судового оборудования.

Так, если для оценки каждой из не менее 40 групп судового оборудования необходимо по 10 экспертов, то эта задача станет весьма трудоемкой. Если же потребуется экспертиза каждого конкретного типа оборудования каждого проекта судна, то задача станет вообще неразрешимой. В результате задача по каждому изделию решается одним-двумя проектировщиками на основе их опыта и интуиции.

На наш взгляд, более оправданным является подход к определению технического уровня судов и судового оборудования путем использования критериев и критериальных уравнений:

— критерия технического уровня и качества судов, предложенного д-ром техн. наук, профессором П. А. Малым (ФГОУ ВПО СПГУВК);

— системы показателей технического уровня судов, предложенной д-ром техн. наук Э. А. Афромеевым (ФГУП «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова»);

— безразмерных показателей технического уровня судовых дизелей и газотурбинных установок, предложенных в ФГОУ ВПО СПГУВК [1, с. 16–19; 2, с. 77–87; 3, с. 122–130].

Методы теории подобия и анализа размерностей, используемые в работах [1–3], позволяют разработать критерии технического уровня для большинства других видов судового оборудования, что повысит объективность их оценки, которая может осуществляться в автоматическом или автоматизированном режимах.

Другим важным недостатком существующих систем принятия решений является несовершенство методов определения цены на продукцию судового машиностроения [9].

В практике ценообразования используются преимущественно однофакторные параметрические модели, устанавливающие связь между ценой и качеством изделия лишь по ведущему (на усмотрение эксперта) показателю без учета влияния на цену остальных факторов качества.

Разработка подходов к совершенствованию методов и моделей интегральной оценки научно-технического уровня и качества судовой техники включает:

— разработку общих требований к методам и модели ценообразования;

— обоснование подхода к установлению связи между ценой, основными техническими параметрами и многокритериальной оценкой научно-технического уровня и качества продукции;

— формирование алгоритма определения цены.

Третьим уровнем функционирования автоматизированной системы по судовому оборудованию должна стать **международная специализированная электронная торговая площадка «Судовое оборудование»**.

Электронная торговая площадка (ЭТП) — комплекс информационных и технических решений, обеспечивающий взаимодействие покупателя (заказчика) с продавцом (поставщиком) через электронные каналы связи на всех этапах заключения сделки.

Электронная торговая площадка позволяет объединить в одном информационном и торговом пространстве поставщиков и потребителей судового оборудования и предоставляет участникам ЭТП ряд сервисов, повышающих эффективность их проектирования и производства. Заказчики получают возможность проводить электронные торги — тендеры, аукционы, запросы цен и предложений, оптимизируя затраты, а поставщики — участвовать в проводимых закупках, размещать информацию о предлагаемой продукции и услугах.

Для размещения государственного заказа используются ЭТП, отобранные Минэкономразвития РФ и ФАС РФ в рамках специальной процедуры, определенной законодательством Российской Федерации.

Согласно приказу Минэкономразвития России от 26 октября 2009 г. № 428 и приказу Минэкономразвития России и ФАС России от 14 ноября 2009 г. № 466/763 к 1 января 2010 г. был осуществлен отбор пяти электронных торговых площадок: ЗАО «Сбербанк-АСТ»; ОАО «Единая электронная торговая площадка»; ГУП «Агентство по государственному заказу Республики Татарстан», а также площадки ЗАО «Московская межбанковская валютная биржа» и ОАО «РТС».

ЭТП для коммерческих заказчиков — это электронные торговые площадки, на которых электронные торги проводят негосударственные компании (коммерческие заказчики). Таких ЭТП значительно больше, чем для государственных торгов, и регламент проведения электронных аукционов более гибкий (в некоторых аукционах не требуется даже электронная цифровая подпись). ЭТП для коммерческих поставщиков делятся на два типа:

1. Специализированные ЭТП, созданные под нужны определенного предприятия: Электронная торговая площадка Газпрома по продаже нефтепродуктов.

2. Многопрофильные ЭТП, на которых представлен более широкий спектр продукции и услуг, чем на специализированных ЭТП (Fogsoft.ru, b2b-center.ru, ambit-trade.ru, Фабрикант, tender.pro и др.). На таких площадках любая компания может выступать как в качестве заказчика, так и в качестве поставщика товаров и услуг без ограничений по номенклатуре.

Работая на ЭТП, заказчик или поставщик может успешно решать различные вопросы, возникающие в повседневной деловой практике, потому что данные системы выполняют следующие важные функции:

1) информационная функция позволяет ознакомиться с перечнем организаций, работающих на ЭТП, получить информацию по интересующей организации;

2) функция маркетинга, которая позволяет осуществлять поиск покупателей и потребителей интересующих работ и услуг, а также получать информацию о потребностях

и предложениях работ и услуг, которые размещают на площадке другие организации;

3) рекламная функция. Информация об организации, размещенная на ЭТП, сразу попадает в единое информационное пространство;

4) торговая функция, которая позволяет в качестве **организатора торгов** осуществлять полный комплекс разнообразных торгово-закупочных мероприятий по приобретению товаров и услуг. В качестве **участника торгов** возможно осуществлять комплекс действий для эффективной продажи собственных товаров и услуг;

5) аналитическая функция позволяет проводить сравнительный анализ различных показателей деятельности организаций. Правильно выбрать контрагентов для выполнения поставок, работ и услуг по интересующей тематике;

6) функция защиты информации, осуществляет безопасный электронный документооборот, построенный с использованием сертифицированных средств криптографической защиты информации (ЭЦП).

Преимущества работы на ЭТП для заказчика в решении этого вопроса очевидны:

1) значительная экономия рабочего времени;

2) экономия денежных средств на организацию и проведение закупок;

3) прозрачность и открытость процесса закупок;

4) честная конкуренция, исключающая работу недобросовестных сотрудников со «своими» фирмами-поставщиками;

5) участие в торгах возможно из любой точки мира;

6) доступность для представителей любого бизнеса — цена и условия лота ничем не ограничены.

Преимущества работы на ЭТП для поставщика состоят в том, что каждый руководитель компании, руководитель отдела сбыта или продаж всегда заинтересован в расширении клиентской базы и увеличении продаж компании. На рекламу тратятся колоссальные средства, работают многочисленные call-центры, но в итоге чем больше продает компания, тем больше она тратит лишних денег.

При работе с ЭТП компания получает ряд преимуществ:

1) быстрый поиск интересующих торгов;

2) экономия средств на рекламной кампании;

3) прозрачность и открытость процесса продаж;

4) честная конкуренция, исключающая неценовые методы ведения борьбы;

5) равные права всех поставщиков товаров, работ и услуг;

6) участие в торгах возможно из любой точки мира, не выходя из своего офиса.

Компания «Центр развития экономики» (B2B-Center) была основана в 2002 г., занимается разработкой и внедрением систем электронной торговли для корпоративных и государственных заказчиков.

Единая система электронной торговли B2B-Center на сегодняшний день является крупнейшей системой электронной торговли, объединяющей более 20 торговых площадок, работающих для различных отраслей экономики. В их число, помимо энергетики, входят нефтехимия, металлургия, целлюлозно-бумажное производство, автомобильная промышленность, телекоммуникационный сектор, жилищно-коммунальный сектор, гражданская авиация, агропромышленный комплекс и многие другие отрасли.

Например, в этой системе в 1-м квартале 2009 г. была проведена 2131 процедура на сумму 11,232 млрд руб. Совокупный объем всех торговых процедур, проведенных в системе B2B-Center за период промышленной эксплуатации, составил более 461 млрд рублей, общее количество торгов — 63 тыс. Количество участников единой системы электронной торговли B2B-Center к концу 1-го квартала 2009 г. достигло 24 154: прирост за квартал составил 12,7 %, что в 1,5 раза превышает показатели аналогичного периода 2008 г.

В международной торговле также широко используются возможности электронных торговых площадок. К их числу можно отнести, в частности, международную торговую площадку **DIESEL ENGINE TRADE.COM**, обеспечивающую продажу новых и бывших в употреблении судовых дизелей, а также

запасных частей к ним. Информация о ней представлена на сайте http://www.dieselenginetrader.com/

В работе электронной торговой площадки принимают участие свыше 100 ведущих мировых производителей дизельных двигателей.

По информации, размещенной на сайте, к торговой площадке каждый день обращаются более 5 тыс. пользователей, что делает очевидным целесообразность создания в России аналогичной электронной площадки по торговле судовым оборудованием.

Анализ приведенной выше информации позволяет сделать следующие выводы:

— наличие электронного каталога (базы данных) само по себе не может существенно повысить эффективность проектирования, хотя и делает его более удобным;

— совместное использование электронных каталогов и научно-обоснованных критериев научно-технического уровня, качества судового оборудования, методов определения его цены позволяет разрабатывать и производить высокотехнологичную продукцию судового машиностроения;

— только совокупность программных средств, обеспечивающих функционирование электронных баз данных, реализующих алгоритмы оценки технического уровня и качества, многопараметрической оценки стоимости оборудования, а также повышение конкуренции производителей, прозрачности и открытости процесса закупок, реализуемая с помощью программных средств автоматизированной системы международной специализированной электронной торговой площадки, позволяет достигнуть целей, поставленных в ФЦП «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы».

Таким образом, может быть сформулирован следующий перечень первоочередных задач, которые необходимо решить для обеспечения функционирования автоматизированной системы по судовому оборудованию:

1. Формирование в автоматизированном режиме с использованием средств Интернета электронной базы данных о судовом оборудовании в соответствии с модульно-агрегатным подходом к его проектированию, производству и монтажу на основе ПР 50-718-94 «Правила заполнения и представления каталожных листов продукции» и ГОСТ 2.116-84 «Карта технического уровня и качества продукции». Реализацию электронной базы данных целесообразно строить на основе использования семейства стандартов XML и связанных с ним технологиях.

2. Обеспечение предоставления в электронных каталогах графической информации, в том числе 3D-моделей судового оборудования.

3. Обеспечение проверки достоверности (верификации) технической информации на основе сопоставления данных, предоставленных производителями оборудования, с результатами расчета аналогичных показателей, полученных с использованием многопараметрических регрессионных зависимостей.

4. Формирование критериев и критериальных уравнений для оценки технического уровня и качества основных видов судового оборудования на основе использования методов теории подобия и анализа размерностей с минимальным привлечением экспертов.

5. Многопараметрическое определение справочной цены судового оборудования с учетом их основных параметров (мощности, производительности и т. п.) и технического уровня и качества.

6. Проведение расчета соотношений цена/технический уровень и цена/качество и оценка конкурентоспособности судового оборудования.

7. Создание методики, алгоритма и программ, обеспечивающих функционирование международной специализированной электронной торговой площадки по судовому комплектующему оборудованию.

Список литературы

1. *Безюков О. К.* Критерий для оценки научно-технического уровня судовых дизелей / О. К. Безюков // Исследования, проектирование и эксплуатация судовых ДВС: тр. междунар. науч.-техн. семинара. — СПб.: ПаркКом, 2006.

2. *Безюков О. К.* Методика формирования карты технического уровня и качества судовых дизелей / О. К. Безюков, И. В. Ивашин // Журнал университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2009. — Вып. 1.

3. *Безюков О. К.* Показатель энергоэкологической эффективности судовых дизелей / О. К. Безюков, И. В. Ивашин // Водные пути России: Строительство, эксплуатация, управление: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 200-летию подготовки кадров для водного транспорта, 1–2 октября 2009 г. — СПб.: СПГУВК, 2010. — Кн. II.

4. Информационно-аналитическая система “Pilot” (версия 2.0): Руководство пользователя. — М.: C&DS, 1994. — 43 с.

5. *Иоффин А.* Универсальная информационно-аналитическая система поддержки принятия решений «ОЦЕНКА и ВЫБОР» / А. Иоффин, Д. Абдрахимов. — М., 1998. — Ч. 1: Установка системы и первое знакомство. — 60 с.

6. *Иоффин А.* Универсальная информационно-аналитическая система поддержки принятия решений «ОЦЕНКА и ВЫБОР» / А. Иоффин, Д. Абдрахимов. — М., 1998. — Ч. 2: Изучаем систему за экраном компьютера, т. 1. — 52 с.

7. *Иоффин А.* Универсальная информационно-аналитическая система поддержки принятия решений “ОЦЕНКА и ВЫБОР» / А. Иоффин, Д. Абдрахимов. — М., 1998. — Ч. 2: Изучаем систему за экраном компьютера, т. 2. — 160 с.

8. *Ловицкий К. Э.* Информационные технологии в научной библиотеке университета / К. Э. Ловицкий, О. Г. Бунтова, О. В. Баранова // Телематика–2001: материалы Междунар. науч.-метод. конф. — СПб., 2001.

9. *Поляков Ю. И.* Задачи институтов судостроительной промышленности по совершенствованию системы ценообразования при постройке кораблей и судов / Ю. И. Поляков // Отраслевое совещание по проблемным вопросам ценообразования на продукцию судостроения, 28–29 ноября 2001 г.: сб. докл. — СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2001.

10. Разработка программного обеспечения SUN Microsystems [Электронный ресурс]. Электрон дан. Режим доступа: http: //www. sun. com/xml/, http: //java. sun. com/xml/index. html

11. *Семенов С. С.* Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники / С. С. Семенов, В. Н. Харчев, А. И. Иоффин. — М.: Радио и связь, 2004. — 552 с.: ил.

12. Система поддержки принятия решений (СППР) “ALTER” ЦНИИ ВВС: каталог. — М., 1997.

13. Стандарты библиотечных информационных систем: традиции и перспективы / О. В. Баранова [и др.]; Уральский государственный университет им. А. М. Горького, Екатеринбург, Россия [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.gpntb.ru/win/inter-events/crimea2002/trud/sec78/Doc6.HTML

14. *Сукиосян Э. Р.* Каталогизация и классификация. Электронные каталоги и автоматизированные библиотечные системы / Э. Р. Сукиосян. — СПб.: Профессия. 2009. — 536 с.

15. Тенденции интеграции информационных и библиотечных технологий / О. В. Баранова, Д. А. Каплунов, И. Г. Лисьих [и др.] // Библиотеки и ассоциации в меняющемся мире: новые технологии и новые формы сотрудничества: материалы 8-й Междунар. конф. «Крым–2001». — Судак, 2001. — Т. 1.

16. IBM [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://www-106.ibm.com/developerworks/xml/; ORACLE: http://otn.oracle.com/tech/xml/content.html

17. Logos Research System, Inc. [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.logos.com/marc/marcxml.asp

18. MARC и XML-ресурсы, посвященные сопряжению MARC и XML: словари (DTD), конверторы. Библиотека Конгресса США [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://lcweb.loc.gov/marc/marcsgml.html

УДК 626.4

А. А. Кардаков,
соискатель,
СПГУВК

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКОЙ ТОПЛИВА

THE IMPROVEMENT OF RELIABILITY OF THE FUEL EQUIPMENT BY CAVITATION PROCESSING OF THE FUEL

При эксплуатации СЭУ на тяжелых сортах дизельного топлива, предлагается проводить кавитационную обработку топлива при непосредственной его подаче судовым двигателям с помощью устройства «Генератор кавитации 3» (Патент РФ № 2084681). При обработке тяжелых сортов топлива, устройство «Генератор кавитации 3» позволяет: уменьшить их вязкость и плотность, снизить температуру вспышки, уменьшить в топливе размеры твердых примесей и частиц водной фазы, что существенно повышает надежность топливной аппаратуры дизеля.

When using marine power plants on the heavy grades of diesel fuel, cavitation processing of the fuel directly to its filling ship engines with the device "Generator of cavitation 3" (Patent of Russia № 2084681) is supposed to be carried out. While processing of heavy grades of the fuel the device "Generator of cavitation 3" allows: to reduce its viscosity and density, to decrease the flash point temperature, to cut down the size of the fuel solid contents and particles of the water phase which significantly increase the reliability of the fuel equipment of diesel engines.

Ключевые слова: кавитационная обработка топлива, надежность топливной аппаратуры, прецизионные пары топливной аппаратуры.

Key words: cavitation fuel processing, reliability of the fuel equipment, precision pairs of the fuel equipment.

ОДНИМ из способов повышения надежности топливной аппаратуры судовых дизелей является кавитационная обработка топлива в системе топливоподачи.

Кавитациионная обработка топлива наиболее эффективна при использовании в дизельных двигателях высоковязких мазутов, получаемых из остаточных фракций нефтепереработки. В мазуте содержатся наиболее тяжелые фракции углеводородов, продукты термического крекинга, окисления, полимеризации, коксования, негорючих минеральных веществ, металлов, золы, механических примесей, вода.

Опыт эксплуатации дизелей на тяжелых сортах дизельного топлива выявил ряд суще-ственных недостатков технического, экономического и экологического характера:

— ухудшение организации рабочего процесса в цилиндрах дизеля;

— возрастание количества нагароотложений на рабочих поверхностях распылителей форсунок и ЦПГ;

— увеличение износов деталей ЦПГ,

топливной аппаратуры и газовыпускной системы дизеля;

— рост трудозатрат на обслуживание и ремонт механизмов и устройств дизеля;

— повышение токсичности выхлопных газов.

В минеральной массе мазута присутствует значительное количество металлов, в том числе и ванадия, окислы которого вызывают интенсивную коррозию металлов, приводящую к разрушению поверхностей нагрева ЦПГ. Образующаяся при сжигании мазута зола, отлагаясь на поверхностях деталей дизелей, вызывает ускоренный износ трущихся поверхностей, затрудняет отвод тепла к охлаждающим средам.

Анализы качества мазута, хранящегося в емкостях на нефтебазах, показывают, что содержание воды в мазуте может достигать 10–15 %. С таким содержанием воды мазут подлежит специальной обработке, позволяющей улучшать его качественные характеристики и возможность применения в качестве дизельного топлива.

При обработке топлива за счет интенсивных кавитационных процессов повышается степень дисперсности частиц остаточных фракций, разрушаются конгломераты продуктов полимеризации мазута. Под воздействием кавитации в высоковязких топливах углеводородные молекулы расщепляются на более легкие, активные радикалы, обусловливающие улучшение основных качественных характеристик топлива: уменьшение вязкости в 4 и более раз, уменьшение плотности до 3 %, снижение температуры вспышки в среднем на 30 %, измельчение конгломератов остаточных фракций до размерного ряда частиц 1–5 мкм. В объеме потока в режиме кавитационного течения происходит интенсивная гомогенизация жидкости до создания мелкодисперсной водотопливной эмульсии (ВТЭ) с размерным рядом частиц водной фазы 1–5 мкм [1; 2].

В ходе экспериментальных исследований установлено, что в качестве топлива ВТЭ с содержанием воды 5–10 % ускоряет процесс сгорания в 5–6 раз. Более полное и ускоренное сгорание топлива предохраняет детали ЦПГ и тракта газовыпускной системы от загрязнения продуктами сгорания и уменьшает абразивный износ их поверхностей [2].

Необходимость включения в систему топливоподготовки гидродинамических устройств, позволяющих произвести обработку топлива, приготовление ВТЭ на уровне процессов ультразвуковой кавитации, обосновано рядом исследований и результатами длительной эксплуатации дизелей на ВТЭ.

В качестве устройства по кавитационной обработке топлива в системе топливоподачи дизелей предлагается «Генератор кавитации 3», являющийся гидродинамическим устройством, обеспечивающим возникновение режима ультразвуковой кавитации за счет перепада давлений на входе и выходе устройства (рис. 1) [3].

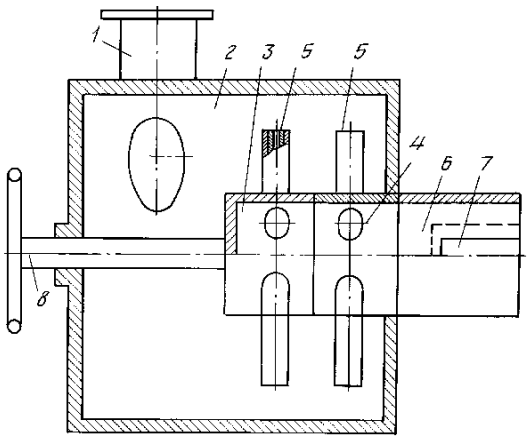


Рис. 1. «Генератор кавитации 3»

Генератор кавитации работает следующим образом. Топливо подается под давлением через подводящий трубопровод *1* во внешнюю напорную камеру *2*, из нее поступает одновременно в подвижную *3* и неподвижную *4* части излучателя через входные тангенциальные каналы *5*. Происходит закручивание потока внутри излучателя и за счет этого поток топлива разделяется по удельным массам в отводящем трубопроводе *6*. Фракции потока с различными удельными массами распределяются по внутренним трубам *7*, то есть происходит сепарирование потока. Для получения резонансной частоты ультразвуковых колебаний предпринимается вращение подвижной части излучателя *3* штоком с маховиком *8*. В излучателе происхо-

дит кавитационный режим движения потока и поддерживается за счет его закручивания внутри излучателя.

При выходе потока из излучателя в область высокого давления кавитационные полости схлопываются, а имеющиеся в топливе водяные и смолисто-асфальтовые частицы разбиваются, топливо эмульгируется и гомогенизируется.

Известны гидродинамические устройства для обработки топлив, имеющие существенные недостатки, по причине которых они не нашли применения в эксплуатационной практике. Например: устройство, имеющее возможность работы только в периодическом режиме (А. с. СССР № 1516148); устройство, имеющее недостаточную интенсивность кавитации, не позволяющую эффективно обрабатывать тяжелые типы топлив (А. с. СССР № 1532083); устройство, имеющее возможность работы при преобразовании энергии потока жидкости в энергию высокочастотных колебаний только с фиксированной частотой (Патент Франции № 2612657).

Устройство «Генератор кавитации 3» (Патент РФ № 2084681), разработанное при участии автора статьи, свободно от этих недостатков и позволяет обрабатывать различные жидкости с повышенным их расходом, при этом имеет простую технологию изготовления и возможность применения при непосредственной подготовке и подаче топлива в СДВС.

В зависимости от давления подачи топлива (давление от 2 до 500 атмосфер) может обеспечить различные генерируемые частоты (от 1 кГц до 20 МГц).

По результатам испытаний устройства «Генератор кавитации 3» выявлено, что при обработке дисперсных систем с размером включений до 100 мкм размеры включений снижаются до 5 мкм. При обработке водно-топливных эмульсий стабильность полученных систем составила 30 и более суток.

Желаемый технический результат достигается тем, что излучатель генератора с тангенциальными отверстиями состоит из двух частей (подвижной и неподвижной), которые соединены встык, при этом подвижная часть излучателя может вращаться вокруг своей оси. Входные тангенциальные отверстия излучателя выполнены со сменными вкладышами различных проходных сечений. Отводящий трубопровод включает в себя одну или несколько внутренних труб, расположенных соосно с ним.

Таким образом, кавитационная обработка тяжелых топлив в системе топливоподачи судовых дизелей является эффективным способом повышения надежности топливной аппаратуры, которая может обеспечить:

— уменьшение вязкости и плотности топлива, что понижает величину сил трения в прецизионных парах топливной аппаратуры, способствует снижению их перегрева и заклинивания, образованию нагара на поверхности элементов распылителей форсунок;

— снижение температуры вспышки, что значительно улучшает способность топлив к самовоспламенению, определяющую дальнейший процесс сгорания и уровень тепловых и механических напряжений в деталях ЦПГ;

— уменьшение размеров твердых примесей в топливе, что снижает вероятность образования задиров на поверхности прецизионных пар, коррозии деталей топливной аппаратуры, ЦПГ и газовыпускной системы, увеличивая их ресурс;

— гомогенизацию обводненных топлив до уменьшения размеров частиц водной фазы до 1–5 мкм, что дает возможность их применения без отрицательного воздействия водной составляющей на прецизионные пары топливной аппаратуры, не вызывая нарушений в работе.

Список литературы

1. *Завгородний Б. В.* Применение гидродинамических устройств на судах в энергосберегающих и природоохранных технологиях / Б. В. Завгородний // Морская индустрия. — 2001. — № 1.

2. *Завгородний Б. В.* Применение ультразвуковых кавитационных технологий для улучшения качественных характеристик топлив / Б. В. Завгородний // Энергосбережение — № 3. — 2003.

3. Пат. 2084681. RU, МКИ C1 F 02 M 27/08, B 06 B 1/20. Генератор кавитации–3 / Афанасьев А. В., Кардаков А. А. [и др.]. № 94037454/06.— Заявл. 28.09.94.

УДК 621.3.087.9

Г. Н. Румянцева,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

Г. Е. Барщевский,
аспирант,
СПГУВК

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА СУДОВЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

FORECASTING OF AUTOMATIC ELECTRIC POWE SYSTEMS QUALITY

Для более точного прогнозирования значений показателей качества электромагнитных процессов СЭЭС в статье предложен экспериментально-аналитический метод прогнозирования, основанный на мультипликативно-полиномиальных моделях. Применение подобных моделей для прогнозирования дает достаточно точные результаты, а их разработка в ряде случаев требует значительно меньших затрат на вычислительный эксперимент.

For a more accurate forecasting of the values of quality parameters of electromagnetic processes in the SEEA the paper proposes an experimental analytical method for forecasting, based on the multiplicative-polynomial models. The use of such models to predict the yields fairly accurate results, and their development in some cases requires significantly less cost of computer experiment.

Ключевые слова: прогнозирование, мультипликативно-полиномиальные модели, вычислительный эксперимент.

Key words: forecasting, multiplicatively polynomial models, computer experiment.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ — это исследовательский процесс, в результате которого получают прогноз о состоянии объекта. Прогноз является вероятностным суждением о возможном состоянии объекта или об альтернативных путях его достижения [1]. Известно большое количество методов, методик и способов прогнозирования. Все они основаны на двух крайних подходах: эвристическом и математическом. Эвристические методы базируются на использовании явлений или процессов, не поддающихся формализации. Для математических методов прогнозирования характерен подбор и обоснование математической модели исследуемого процесса, а также способов определения ее неизвестных параметров. Авторами предлагается использовать комплекс полиномиальных моделей СЭЭС для решения задач автоматизации процессов экспериментально-аналитического прогнозирования показателей качества СЭЭС.

Между экспериментальными значениями и значениями, полученными расчетным путем, существует определенное расхождение. Для более точного прогнозирования значений показателей качества электромагнитных процессов СЭЭС может быть предложен экспериментально-аналитический метод прогнозирования, основанный на мультипликативно-полиномиальных моделях. Применение мультипликативно-полиномиальных

многофакторных моделей дает достаточно точные результаты, а их разработка в ряде случаев требует значительно меньших затрат на вычислительный эксперимент.

В задачах прогнозирования качества процессов в СЭЭС мультипликативно-полиномиальные модели позволяют на основе данных о значениях показателей качества конкретной СЭЭС при одних величинах параметров нагрузки определять значения показателей данной СЭЭС, соответствующие любым другим сочетаниям величин параметров нагрузки.

Экспериментально-аналитическое прогнозирование заключается в определении значений показателей качества электромагнитных процессов конкретной СЭЭС в прогнозируемом (расчетном) режиме на основе значений показателей этой же СЭЭС в некотором экспериментальном режиме.

Практическую реализацию методов экспериментально-аналитического прогнозирования целесообразно осуществлять при решении двух различных задач повышения качества электромагнитных процессов в СЭЭС:

— первая задача заключается в сокращении объема швартовных испытаний генераторных агрегатов;

— вторая задача связана с прогнозированием значений показателей качества процессов в различных эксплуатационных режимах.

Для нас представляет интерес рассмотрение первой задачи. При этом рассмотрим общий подход к прогнозированию показателей качества переходных электромагнитных процессов в СЭЭС, который может быть использован для решения обоих типов вышеуказанных задач.

Для показателей качества электромагнитных переходных процессов выражение для мультипликативно-полиномиальных моделей ЭЭС в общем случае может быть представлено в виде

$$U\left(\vec{x}_I, y, \cos\varphi\right) = U'\left(\vec{x}_I\right)\cdot\delta\left(y, \cos\varphi\right), \qquad (1)$$

где $\vec{x}_I$ — вектор значений параметров генераторов, в частности, их индуктивных сопротивлений и постоянных времени; $\delta(y, \cos\varphi)$ — поправочный коэффициент, характеризующий соотношение между значениями показателей в данном (экспериментальном) и типовом расчетном режимах. Тогда прогнозируемое значение показателя качества будет определяться следующим образом:

$$U_{\text{П}} = U_{\text{Э}} \cdot \frac{\delta\left(y_{\text{П}}, \cos\varphi_{\text{П}}\right)}{\delta\left(y_{\text{Э}}, \cos\varphi_{\text{Э}}\right)} \qquad (2)$$

где $U_{\text{Э}}$ — значение показателя качества, полученное в результате эксперимента; $y_{\text{П}}$, $\cos\varphi_{\text{П}}$, $y_{\text{Э}}$, $\cos\varphi_{\text{Э}}$ — значения полных проводимостей и коэффициентов мощности в прогнозируемом и экспериментальном режимах.

Подробный анализ различных вариантов полиномиальных моделей [2], соответствующих, в частности, максимальному провалу напряжения, показал, что в наибольшей степени требования точности, физической наглядности и универсальности удовлетворяет мультипликативно-полиномиальная зависимость вида

$$\Delta U_{\max} = \Delta U'_{\max}(x'_d, x''_d)\,\delta_{\max}(y, \cos\varphi), \qquad (3)$$

где $\Delta U'_{\max}(x'_d, x''_d)$ — полиномиальные зависимости величин максимальных провалов напряжений от индуктивных сопротивлений генератора, соответствующие вышеуказанным типовым расчетным режимам; $\delta_{\max}(y, \cos\varphi)$ — полиномиальные зависимости поправочных коэффициентов от параметров нагрузки.

Аналогичным образом могут быть получены выражения для прогнозирования других показателей качества электромагнитных процессов в СЭЭС, основанные на рассмотренных выше полиномиальных моделях.

Основная задача швартовных испытаний, как известно, заключается в определении работоспособности СЭЭС путем количественной оценки качества электроэнергии в режимах, предусмотренных программой испытаний, а также в проверке систем управления и автоматизации. Увеличение мощности СЭЭС, повышение степени автоматизации и требований к их надежности вызывают значительный рост мощности источников электроэнергии, достигающей на современных судах 10–12 тыс. кВт и более при пяти-шести генераторных агрегатах. Это обстоятельство существенно увеличивает как стоимость, так и трудности, связанные с проведением швар-

Таблица 1

№ генер.	Значение долевой нагрузки	$\delta_{max}(\cos\varphi, y)$	Максимальный провал напряжения				Отклонение по модулю		Относительное отклонение	
			Эксперим. значение долевой нагрузки	Прогноз. значение при ном. нагрузке $\Delta U^{max}_{прогн}$	Эксперим. значение при ном. нагрузке $\Delta U^{max}_{экс}$	Расчетное значение по вычислит. модели $\Delta U^{max}_{расч}$	$\left\lvert \Delta U^{max}_{экс} - \Delta U^{max}_{расч} \right\rvert$	$\left\lvert \Delta U^{max}_{экс} - \Delta U^{max}_{прогн} \right\rvert$	$\frac{\left\lvert \Delta U^{max}_{экс} - \Delta U^{max}_{расч} \right\rvert}{\Delta U^{max}_{экс}}$	$\frac{\left\lvert \Delta U^{max}_{экс} - \Delta U^{max}_{прогн} \right\rvert}{\Delta U^{max}_{экс}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,3	0,3408	4,1469	12,17	12,72	11,26	1,460	0,550	0,115	0,043
1	0,5	0,5228	6,5714	12,57	12,72	11,26	1,460	0,150	0,115	0,012
2	0,3	0,3408	3,6222	10,63	10,16	11,26	1,100	0,470	0,108	0,046
2	0,5	0,5228	5,4787	10,48	10,16	11,26	1,100	0,320	0,108	0,031
3	0,3	0,3408	3,8028	11,16	10,85	11,26	0,410	0,310	0,038	0,029
3	0,5	0,5228	5,7663	11,03	10,85	11,26	0,410	0,180	0,038	0,017
4	0,3	0,3408	4,1333	12,13	12,64	11,26	1,380	0,510	0,109	0,040
4	0,5	0,5228	6,4198	12,28	12,64	11,26	1,380	0,360	0,109	0,028

товных испытаний генераторных агрегатов. С целью сокращения объема, стоимости и трудоемкости швартовных испытаний было проведено опытно-теоретическое исследование СЭЭС в динамических режимах, которое заключалось в сравнении показателей качества электроэнергии при набросе и сбросе номинальной и долевой нагрузки. Исследование проводилось на цифровой модели генераторного агрегата и на реальных объектах.

В основу математической модели элементов судовой электроэнергетической системы положен ОСТ 5.6030.72, включающий синхронный генератор, первичный двигатель, регуляторы напряжения и скорости вращения. На ПК выполнен расчет переходных процессов при набросе-сбросе статической нагрузки при различных значениях коэффициента мощности для генераторов типа МСК с номинальной мощностью от 100 до 1500 кВт, МСС с мощностью от 100 до 400 кВт и ГМЗ с номинальной мощностью от 100 до 500 кВт с приводными двигателями типа дизель или турбина.

Подробный анализ различных вариантов полиномиальных моделей, соответствующих максимальному провалу напряжения при набросе статической и асинхронной нагрузок показал, что в наибольшей степени требованиям точности, физической наглядности и универсальности удовлетворяет мультипликативно-полиномиальная зависимость вида

$$\Delta U_{\max} = \Delta U'_{\max}(x'_d, x''_d)\delta_{\max}(y, \cos\varphi) \qquad (4)$$

где $\Delta U'_{\max}(x'_d, x''d)$ — полиномиальные зависимости величин максимального провала напряжений от индуктивных сопротивлений генератора, соответствующие типовым расчетным режимам; $x'_d, x''d$ — соотвественно переходное и сверхпереходное индуктивные сопротивления генератора по продольной оси, наиболее сильно влияющие на значения показателей качества переходных процессов; $\delta_{\max}(y, \cos\varphi)$ — полиномиальные зависимости поправочных коэффициентов от параметров нагрузки (y — проводимость нагрузки, cosφ — коэффициент мощности нагрузки).

Для решения задачи сокращения объема швартовных испытаний могут быть использованы вторые сомножители представленной мультипликативно-полиномиальной модели.

Для проверки метода экспериментально-аналитического прогнозирования провала напряжения были использованы результаты швартовных испытаний, проведенных на кафедре ЭАС ЛЭТИ. Производились испытания СЭЭС одного из кораблей, включающей генераторы типа МСК-1560-1500 и МСК-750-1500, а также ЭЭС буровой установки проекта 15401 с генераторами МСК-1250-750.

В табл. 1 приведены результаты проверки точности для четырех генераторов МСК-1250.

В данную таблицу внесены результаты испытаний при долевой статической нагрузке (четвертый столбец) и номинальной статической нагрузке (шестой столбец). На основе полиномиальной модели получены значения $\delta_{\max}(\cos\varphi, y)$ при $\cos\varphi = 0.8$, $y = 0.3$ и $y = 0.5$. Далее в соответствии с формулой (2) произведен расчет прогнозируемых значений максимального провала напряжения, приведенных в пятом столбце. В седьмом столбце приведены значения максимального провала напряжения в расчетном режиме, а в восьмом и девятом столбцах — значения отклонений от экспериментального номинального режима.

Как видно из последних двух столбцов таблицы, отклонение прогнозируемых значений от реальных значительно меньше, чем отклонение расчетных значений от экспериментальных. Относительная ошибка прогнозирования не превышает 5 %. Проведенные расчеты показали целесообразность применения полиномиальных, а не вычислительных моделей для расчета провала напряжения в типовых расчетных режимах.

Список литературы

1. Рабочая книга по прогнозированию / под ред. И. В. Бестужева. — М.: Мысль, 1985.

2. *Зубарев Ю. Я.* Планирование вычислительного эксперимента в электроэнергетика / Ю. Я. Зубарев [и др.]. — СПб.: Энергоатомиздат, 2000.

УДК 661.769

В. О. Настасенко,
канд. техн. наук, доцент,
Херсонский государственный университет (Украина);

А. М. Подкоритов,
Херсонский государственный университет (Украина)

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

MODERN CONCEPTION OF DEVELOPMENT OF SHIP INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Работа посвящена поиску возможностей использования нетрадиционных энергетических систем и топлива на флоте. В результате проведенного анализа известных разработок показано, что все они не могут обеспечить переход к нетрадиционным видам энергетики и топлива, однако комплекс, включающий новый вид гидроволновых электрогенераторов, обеспечивающих производство дешевой электроэнергии за счет энергии морских волн, позволяет использовать электролиз для производства водорода, который и будет основным топливом будущих двигателей внутреннего сгорания, в том числе ракетного типа.

This paper is devoted to the search of possibilities of the use of the untraditional power systems and fuels on a fleet. As a result of the conducted analysis of the known developments, it is demonstrated that all of them can not provide passing to the untraditional types of energy and fuels, however a complex, which includes a new kind of hydrowave generators, providing the production of cheap electric power, allows to utilize an electrolysis for the production of hydrogen which will be the basic fuel of future ship engines.

Ключевые слова: нетрадиционные виды топлива и энергетики, двигатели внутреннего сгорания (ДВС), водород как топливо для ДВС, перспективные судовые двигатели.

Key words: untraditional types of fuels and energy on a fleet, engines of internal combustion (EIC), hydrogen as a fuel for EIC, perspective ship engines EIC.

Анализ состояния проблемы, постановка цели и задач исследования

Одними из наиболее распространенных двигателей в настоящее время являются двигатели внутреннего сгорания (ДВС) — бензиновые и дизели, которые применяют во всех видах транспорта: морском, автомобильном, железнодорожном и в малой авиации.

Основным видом их топлива являются продукты переработки нефти, которые при сгорании бесповоротно теряются, поскольку составляющие их высокомолекулярные углеводороды превращаются в углекислый газ и воду и эти процессы необратимы.

По прогнозам ЮНЕСКО, запасы нефти будут исчерпаны до 2050 г., газа — до 2070 г., а с учетом усовершенствования разведки новых и интенсификации добычи заброшенных месторождений — до 2100 г.

Актуальность — поскольку традиционные источники топлива для ДВС на базе нефти и газа в XXI в. могут быть исчерпаны, поэтому потребность перехода на иные источники энергии, в первую очередь возобновляемые, является неизбежной и определена лишь периодом в несколько десятков лет.

Научная новизна — заключается в поиске наиболее перспективных путей развития ДВС и двигателестроения в условиях исчерпаемости традиционных и перехода к нетрадиционным видам топлива.

Практическая значимость — решение задачи перевода ДВС на высокоэффективный и наиболее простой вариант возобновляемого топлива не только повышает технико-экономические показатели в данной сфере, но и позволяет решить проблему мирового энергетического кризиса в целом.

Цель данной работы — анализ возможностей развития нетрадиционной энергетики, в том числе в судоходстве, и ее влияния на разработку будущих поколений двигателей внутреннего сгорания.

Объектом исследования является анализ основных видов нетрадиционных энергетических систем и создание на их базе новых ДВС, работающих на возобновляемых видах топлива.

Предметом исследования является изыскание наиболее перспективных путей развития ДВС будущих поколений, в том числе работающих на возобновляемых видах топлива.

Поиск путей решения проблемы

Преодолеть непрерывно растущую угрозу исчерпаемости источников нефтяных и газовых энергоносителей можно тремя путями.

1. Созданием высокоэффективных и экономичных химико-физических процессов синтеза высокомолекулярных углеводородов из простых исходных продуктов — углерода и водорода, подобных естественному процессу фотосинтеза.

2. Постепенным уменьшением расхода нефтяного и газового топлива и заменой их другими видами топлива, из которых наиболее перспективными считаются возобновляемые.

3. Переходом к иным (нетрадиционным) возобновляемым источникам энергии и энергетическим машинам.

Первый путь (синтез) пока слишком сложен и дорог, поэтому является лишь очень далекой перспективой, хотя уже разработаны простые технические способы превращения в бензин различных отходов из высокомолекулярных углеводородов, например резиновых автомобильных покрышек, пластиковых банок и тому подобных продуктов.

Однако начальные продукты этих отходов тоже созданы из нефти или газа, поэтому данный путь ведет лишь к их экономии, но главное — к улучшению экологической обстановки, что делает его перспективным при любых других условиях. Кроме того, этих продуктов недостаточно даже для возобновления выпуска начальных изделий из нефти или газа, поскольку потребности общества в них тоже постоянно растут.

Второй путь (традиционный) развивается за счет:

1) усовершенствования бензиновых и дизельных двигателей, в первую очередь их камер сгорания и цилиндров, систем сжигания, ввода и отвода топлива и продуктов его сгорания. Но они подошли к пределам своих возможностей, поэтому данный путь требует больших экономических затрат и кропотливого инженерного труда, а улучшения возможны лишь за счет развития научно-технического прогресса и создания новых прогрессивных открытий и изобретений, что является сложнопрогнозируемым умственным процессом, перспективы которого неясны. Однако любое совершенствование ДВС не позволяет полностью отказаться от использования нефти и газа, что не дает возможности решить эту проблему в требуемом в данной работе виде.

2) перехода на другие виды топлива, в том числе газовое, водно-угольное и др. Если газовое топливо в ДВС применяется давно и успешно, то использование угля в ДВС находится еще лишь в начальной стадии.

Однако запасы газа и угля тоже исчерпаемы, хотя угля хватит на больший срок (200–300 лет), чем газа. Но его добыча в шахтах значительно сложнее и опаснее, чем добыча нефти или газа, и по мере исчерпаемости угольных запасов эта опасность будет расти. Кроме того, сами двигатели и системы подачи водно-угольной топливной смеси являются более сложными, чем аналогичные системы для топлива из нефти и газа, но самым большим их недостатком является возможность выпадения угля в осадок при подаче и хранении топлива.

Нетрадиционные виды топлива для второго пути:

1. Полученные топлива из семян растений (рапса, подсолнуха, сои и других маслянистых культур), или из продуктов, перегоняемых в спирты (сахарного тростника, свеклы и др.), или из отходов растений (соломы, стеблей, веток и т. д.), или из отходов животноводства и продуктов его жизнедеятельности (биологические газы и др.).

Однако эти возможности ограничены площадями и плодородием земель. Например, при урожайности рапса в 70 центнеров с гектара, из него можно получить не больше 5 тонн дизельного топлива, потому для судна с суточной нормой расхода 150 тонн нужны 30 гектаров земли, а для годовой нормы — около 10 тыс. гектаров, или участок 10×10 км^2 плодородных земель.

Для продуктов животноводства существуют такие же проблемы, и они растут, так как увеличивается количество переделов исходных пищевых продуктов.

Иной путь получение биогаза — из отходов жизнедеятельности людей и свалок мусора — пока еще несовершен, но и при его усовершенствовании в первую очередь этот газ будет применяться для нужд городов, а не суден.

Использование биоотходов на судах проблематично, выполненный в 2008 г. дипломный проект [1] показал, что отходы жизнедеятельности на судне с экипажем 10–15 человек дают 1–1,5 м^3 биогаза в сутки, и даже на пассажирских судах с тысячами пассажиров его доля не превышает 5 % от суточных потребностей газа для главных двигателей. Но и этот показатель значительно снижают моющие средства, которые почти всегда попадают в систему создания биогаза и угнетают работу полезных бактерий.

Поэтому покрытие биотопливом потребностей флота и других отраслей производства и быта человечества в полной мере невозможно.

Прямое применение растений и древесины в качестве брикетов топлива ограничено неудобством подачи их в камеру сгорания и хранения, а перегонка их в спирты или в другой вид жидкого топлива, ведет к дополнительному переделу, то есть к росту потерь и экономических затрат. Дополнительной проблемой по-прежнему является ограничение площадей плодородных земель и площадей лесов, в том числе их хищническое уничтожение.

К пока еще нетрадиционным видам топлива в гражданском флоте следует отнести ядерное.

Однако ядерная энергетика способна обеспечить замену традиционных видов топлива лишь на крупных судах и является опасной, как для экологии, так и для общества, особенно в условиях международного терроризма и пиратства.

Более перспективным топливом для ДВЗ может быть водород, в первую очередь получаемый из воды электролизом, который является наиболее простым и технически доступным процессом его получения. Однако затраты электроэнергии на электролиз велики, что при нынешней ее цене экономически невыгодно, а получаемая затем при сжигании водорода энергия значительно меньше той, что была потрачена за два передела: 1) на выработку электроэнергии; 2) на сам электролиз. Поэтому экономически более целесообразно топливо для электростанций, которое идет на выработку электроэнергии для дальнейшего электролиза, напрямую сжигать в ДВС.

Таким образом, проведенный анализ показал, что ни одно из рассмотренных топлив не позволяет полностью решить поставленную в данной работе задачу развития ДВС.

Третий путь — переход на двигатели нетрадиционной энергетики.

В настоящее время выделяют три вида нетрадиционной (альтернативной) энергетики и их комбинации: 1) ветровую; 2) солнечную; 3) гидроволновую. В принципе они могут удовлетворить 100 % энергетических потребностей на суше, но для судов имеются свои ограничения, связанные с их габаритами, большой мощностью и условиями эксплуатации.

Анализ показал, что наибольшие удельные мощности среди этих видов энергетики имеет гидроволновая, с использованием механической энергии морских волн. Однако для судов 3-го и последующих поколений, имеющих более 250 м в длину и 35 м в ширину, качка волнами несущественна, даже при волнении в 7 баллов (зоны больших штормов рекомендуется обходить).

Солнечные энергетические установки теплового вида имеют низкий КПД < 10 %, что требует больших их размеров или количества, для которых на судне не хватает места, а на базе полупроводниковых фотоэлектрических элементов КПД увеличивается до 20 %, но они быстро разрушаются от воздействия морской воды и воздуха и являются более до-

рогостоящими. Кроме того, все они работают лишь в светлое время суток, что фактически требует удвоения их на судне для накопления энергии на ночной период и наличия для этого аккумуляторов или конденсаторов, что снижает грузоподъемность.

Ветровой энергетике в современных условиях уделяется наибольшее внимание, на суше ветроэлектроэнергетические установки лопастного типа нашли широкое применение. Однако размеры их лопастей составляют величину ≈10 м на 1 кВт вырабатываемой электроэнергии, поэтому на судне для них нет места, которое должно обеспечивать возможность их поворота за направлением ветра. Кроме того, их лопасти опасны, а их мелькание может вызывать эпилепсию и другие расстройства здоровья экипажа.

Самым простым вариантом использования ветра для суден является проект "SkySails" с надувным парусом типа летящего крыла, закрепленного в носовой части судна [2], который в 2008–2009 гг. прошел широкомасштабные эксплуатационные испытания. При попутном ветре в секторе ±50° к ходу судна его тяговая сила увеличивается до 20 %, что не решает всех проблем. Дополнительное их преимущество — меньший крен от действия ветра. Однако узкий сектор эффективного действия ветра (±50°) существенно ограничивает возможности использования данной системы, кроме того, оно возможно лишь на магистральном пути и невозможно в узостях плавания. Недостатком также является потребность квалифицированного контроля и управления парусом, особенно при его запуске и спуске, и возможность его повреждения при свертывании, особенно при падении в воду. Кроме того, одного такого паруса недостаточно для полной замены главного двигателя. Хотя при использовании большего их количества этот недостаток значительно снизится, но при этом растет сложность управления парусами, в частности потребности избежания их столкновения, перекрещивания и перекручивания от действия ветра во время хода судна, а особенно при их подъеме и спуске. Поэтому полная замена ДВС на систему "SkySails" невозможна.

Во второй половине XX в. разрабатывались также проекты мачтовых парусных судов [3, с. 22–27]. Наиболее простым вариантом является автоматически свертываемый парус типа переносного киноэкрана, на всю высоту мачты. Однако система мачтовых парусов не очень надежна и опасна, особенно в штормовой обстановке, а ее зависимость от силы ветра не гарантирует нужной скорости для своевременной доставки груза. Другим недостатком использования мачт является существенное изменение остойчивости судна. Кроме этого, для крупнотоннажных суден нужна большая парусность и количество мачт (≈ 1200 м^2 и одна мачта на 3 тыс. тонн водоизмещения судна), что усложняет управление ими и исключает размещение грузов на палубе.

Таким образом, парусно-мачтовая система является неперспективной для крупнотоннажных судов, а система "SkySails" сделала подобные проекты нецелесообразными. Однако паруса могут широко применяться для яхт и малотоннажных судов с нерегулярными перевозками.

Более перспективными, как показали выполненные в 2009–2010 гг. дипломные проекты [4–6], являются роторные и карусельные ветровые электрогенераторные установки. Однако недостаток места для их размещения на судне ограничивает их реальную мощность ≈ 10 % от мощности главных ДВС (у танкеров и паромов с большими палубами он увеличивается до 50 %, но на танкерах применять их нельзя по правилам пожаробезопасности, а для паромов следует преодолеть инерцию мышления судовладельцев).

Более перспективными по удельной мощности являются гидроволные электроэнергетические установки. Однако недостатком известных установок является сложный механизм для преобразования кинетической энергии поступательного движения морских волн во вращательное, необходимое для привода электрогенератора. Кроме того, такие механизмы часто ломаются под ударами мощных волн (фактическая их жизнеспособность — до первого сильного шторма), а повышение их прочности и надежности увеличивает нижний порог восприятия колебаний

волн, что ограничивает условия их применения и удорожает конструкцию.

Указанные недостатки устраняет новый гидроволновой электрический генератор, созданный в патенте РФ № 2396673 [7].

Главное отличие предложенных в нем гидроволновых электрических генераторов от известных — отсутствие механической части для превращения движения волн во вращение статора или ротора, что не только упрощает их конструкцию, но и способствует росту КПД до 75–85 %, который во всех известных видах нетрадиционных энергетических установок не превышает 25–35 %, а также обеспечивает повышение надежности и долговечности этой системы. Данные генераторы имеют гравитационный принцип действия и производят электрический ток при качании ротора и статора относительно друг друга. На рис. 1, *а* ротор *1* закреплен на остове плавающего средства *4*, а статически неуравновешенный статор *2* генератора *3* свободно подвешен, поэтому он обретает строгую ориентацию *P* к центру Земли, за счет сдвига *e* его центра масс $O_м$ относительно центра $O_в$ ротора. При качании плавающего средства волнами на угол ±α относительное движение образовывающих электрический ток обмоток статора и ротора ведет к появлению в них ЭДС и к выработке электрического тока.

Аналогичные действия возможны при закреплении на плавсредстве *4* статора *2* генератора *3* и подвешивании груза *5* к ротору *1* (рис. 1, *б*).

Их работа возможна при наименьшем колебании волн, начиная с 1 балла, и их мощность растет пропорционально силе колебания волн. Однако, как отмечалось ранее, крупнотоннажные суда малочувствительны к качке, и прямое их применение нецелесообразно, поскольку ведет к незначительному количеству производимой электроэнергии. Кроме того, выполненный в 2008 г. дипломный проект [8] показал, что для судна дедвейтом 12 тыс. тонн и мощностью главного двигателя 4500 кВт, развивающего скорость 12 узлов, нужны 240 таких гидроэлектрогенераторов, имеющих диаметр 1,6 м, длину 1,3 м и массу 5 тонн, что уменьшает полезную массу перевозимых грузов на 15 %. При этом исходная мощность генераторов рассчитана для волнения в 3 балла и растет от силы волн, поэтому при меньшем волнении груз не будет доставлен в срок, а при большем — количество таких генераторов становится завышенным, лучше заменять их полезным грузом.

Таким образом, прямое применение таких систем на судах также нецелесообразно, кроме маломерных судов для нерегулярного плавания, в том числе разработанных по патенту РФ № 2397104 от 12.01.2009 г. [9] спасательных шлюпок.

Проведенный анализ показал, что ни один из известных вариантов нетрадиционной энергетики не может обеспечить 100-процентной замены судовых ДВС, поэтому они не могут быть рекомендованы как основные, а лишь как дополнительные источники энер-

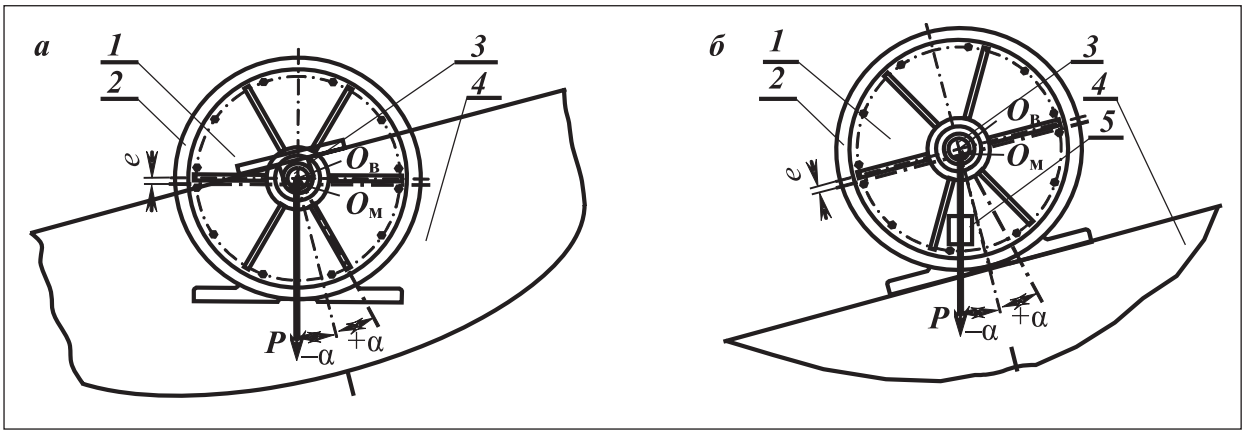


Рис. 1. Варианты размещения на плавсредствах гравитационных гидроволновых электрогенераторов и схемы их принципиальной работы

гии, что не позволяет решить поставленную в данной работе задачу. Поскольку потребность в судовых ДВС сохраняется для современного уровня развития техники, поэтому необходим поиск новых путей решения поставленной задачи — создание ДВС, работающих на возобновляемых видах топлива и обеспечение выбора этого топлива.

Предлагаемый путь перехода от традиционных к нетрадиционным системам ДВС

В данной работе предложен новый вариант — использование нового вида гидроволновых генераторов для прибрежных электростанций, размещаемых в местах, где волны образуются наибольшее число дней в году. В северных морях всегда имеется волнение. В южных морях СНГ волнение хотя бы в 1 балл имеется 320 дней в году, а в остальные дни его нет лишь 2–4 часа в предутреннее время суток летних месяцев, что компенсируется размещением таких электростанций в других местах или в других морях и часовых поясах, с переброской электроэнергии по электросетям.

Вырабатываемая при этом электроэнергия будет в 6–7 раз дешевле, чем от ТЭЦ, поскольку исключаются: затраты на топливо, составляющие ≈ 1/2 от общих затрат; а также котлы, паропреобразователи, турбины и системы их обслуживания, наличие и содержание которых составляет ≈ 1/3 от общих затрат. Кроме того, сокращение общей цепи повышает ее КПД.

Таким образом, значительное удешевление выработки электроэнергии делает экономически целесообразным процесс электролиза воды и получение при этом водорода как топлива для ДВС будущих поколений. Данный вывод положен в основу разработки новой концепции развития ДВС.

Общие выводы и разработка новой концепции

Водород является экологически чистым, восстанавливаемым и практически неисчерпаемым источником энергии, поскольку при его сгорании в кислороде образуется вода, которая при электролизе снова распадается на водород и кислород, что обеспечивает возможность их взаимного превращения в бесконечном количестве циклов.

С учетом выявленных недостатков, преимуществ и требований для традиционных и нетрадиционных судовых топлив и энергетических систем предложено сформулировать исходные данные для последующей разработки новой концепции в сфере развития судового и общего двигателестроения.

1. Все известные нетрадиционные энергетические установки и топлива для многотоннажных суден могут быть лишь дополнительными источниками энергии.

2. Нетрадиционные энергетические установки и топлива могут быть основными источниками лишь для маломерных суден, при обязательной комбинации разных их видов, среди которых наиболее целесообразна пара — гидроволновые генераторы по патенту РФ № 2396673 и фотоэлектрические элементы для выработки электрического тока во время отсутствия волн.

3. Без усиленных поисков новых технических решений в данном направлении создание высокоэффективных нетрадиционных энергетических установок для суден будет откладываться на все более далекое будущее, что не отвечает требованиям уменьшения расхода топлива на транспорте.

4. Для крупных судов наиболее перспективным является переход к ДВС на водородном топливе, которое получено электролизом воды за счет электрического тока, производимого прибрежными электростанциями с гидроволновыми генераторами по патенту РФ № 2396673.

5. При этом на судах перевозить можно лишь водород, что значительно уменьшает объемы и массу емкостей, а кислород добывать из атмосферы, используя компрессоры и газоразделяющую технику, например криогенную.

6. Учитывая относительно низкий КПД ДВС поршневого типа, более перспективным является переход на ракетные двигатели на водородном топливе. При этом для крупнотоннажных суден исходными могут быть двигатели, разработанные для ракеты «Про-

гресс» — носителя космического челнока «Буран».

Эти исходные положения являются основой для разработки новой концепции развития ДВС для судов и других видов транспорта и систем, где их применяют, что позволяет заблаговременно направить необходимые научные, материальные и человеческие ресурсы в нужном направлении, ускорить разработки, избежав непродуктивных потерь.

Украина и Россия, с их еще достаточно большим научно-техническим потенциалом, не должны оставаться позади передовых зарубежных фирм, которые ведут подобные исследования, а учет предложенной концепции уже в ближайшее время даст существенные преимущества на начальном этапе работ отечественным ученым, конструкторам и производителям двигателей внутреннего сгорания в соревновании с зарубежными.

Таким образом, все поставленные в данной работе цели и задачи выполнены. Показано, что наиболее перспективным из известных топлив является водородное, получаемое электролизом воды на базе выработки дешевой электроэнергии электрогенераторами по патенту РФ № 2396673. Показано, что наиболее перспективными среди известных являются ДВС на водородном топливе. Показано, что дальнейшее развитие ДВС для суден и другой техники, в том числе железнодорожной, возможно на базе ракетных двигателей. Концепция предпочтительности разработки ДВС на водородном топливе с возможностью перехода на ракетные двигатели в судостроении предложена впервые.

Список литературы

1. *Проценко О. П.* Аналіз умов експлуатації і підвищення паливної економічності суднових енергетичних установок шляхом використання біоенергетичних установок: диплом. проект / О. П. Проценко. — Херсон, ХДМІ, 2008. — 130 с.

2. Zeppelin SkySails, Sales and Servise. — Hamburg, 2007. — 32 p.

3. *Перестюк И. Н.* Паруса атомного века / И. Н. Перестюк // Катера и яхты. — 1983. — № 1.

4. *Мусієнко В. М.* Підвищення техніко-економічних показників експлуатації енергетичної установки судна “Ліра” шляхом використання підйомних вітроенергетичних двигунів: диплом. проект / В. М. Мусієнко. — Херсон: ХДМІ, 2009. — 120 с.

5. *Резніков С. В.* Підвищення техніко-економічних показників експлуатації енергетичної установки судна “Orion” шляхом використання підйомних вітроенергетичних двигунів: диплом. проект / С. В. Резніков. — Херсон: ХДМІ, 2009. — 120 с.

6. *Алєксєєв А. М.* Підвищення техніко-економічних показників експлуатації суднової енергетичної установки порому типу “Скіф-2” проекту CNF 03.01 шляхом використання вітрогенераторних установок: диплом. проект / А. М. Алєксєєв. — Херсон: ХДМІ, 2010. — 120 с.

7. Пат. 2396673. МПК H02K 19/00. Генератор электрического тока, его варианты и способы их установки / Настасенко В. А. (РФ) № 2009100832/09. — Заявл. 12.01.09 // БИ. — 2010. — 10 авг. — № 22.

8. *Корчагін П. Ю.* Аналіз умов експлуатації суднових енергетичних установок і можливостей заміни двигунів головного руху застосуванням модульних хвильових енергетичних установок: диплом. проект / П. Ю. Корчагін. — Херсон: ХДМІ, 2008. — 130 с.

9. Пат. 2397104. МПК B63C 9/02. Спасательная шлюпка с устройством для обеспечения ее хода и ее непрямое применение / Настасенко В. А. (РФ) № 2009100835/09. — Заявл. 12.01.09 // БИ. — 2010. — 20 авг. — № 23.

УДК 621.314

Хассан Мелкауи,
аспирант,
СПГУВК

СПОСОБЫ СУШКИ СУДОВЫХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

WAYS OF DRYING OF SHIP SYNCHRONOUS GENERATORS IN OPERATIONAL CONDITIONS

Представлены способы сушки судовых синхронных генераторов в эксплуатационных условиях на судах. В работе проводится анализ существующих методов сушки судовых синхронных генераторов и рассматриваются более подробно те из них, которые можно просто и эффективно осуществить в судовых эксплуатационных условиях.

Ways of drying of ship synchronous generators in operational conditions on ships are submitted. In article the analysis of existing methods of drying of ship synchronous generators is done and the methods which can be carried out simply and effectively in ship operational conditions are considered in more details.

Ключевые слова: судовые синхронные генераторы, сушка, короткое замыкание, методы сушки, тепловой расчет.

Key words: ship synchronous generators, drying, short circuit, methods of drying, thermal calculation.

СУДОВОЕ электрическое и электронное оборудование работает в тяжелых условиях эксплуатации, обусловленных повышенной влажностью, вибрацией, механическими ударами и перегрузками. В судовых эксплуатационных условиях наблюдается также резкое изменение температуры окружающей среды. В машинном отделении содержатся пары топлива, которые приводят к загрязнению изоляционных материалов электрических машин. На судах технического флота имеются еще более тяжелые условия эксплуатации электрооборудования в технологических комплексах.

Указанные выше условия эксплуатации судового электрооборудования отрицательно влияют на надежность его работы и приводят к снижению срока его службы. Для улучшения условий работы изоляционных материалов электрических машин необходимо периодически производить чистку загрязненной поверхности изоляции обмоток, а при низком сопротивлении изоляции — ее сушку. Особенно часто приходится выполнять сушку отсыревшей изоляции длительно не работавших асинхронных машин [5]. Для такого ответственного электрооборудования, как судовые синхронные генераторы (ССГ), после их длительной стоянки также приходится повышать сопротивление отсыревшей изоляции.

Сушку такого крупного электрооборудования, как ССГ, выполнить сложнее, чем асинхронных двигателей (АД), так как в этом случае требуется значительно более мощный источник электроэнергии с особыми параметрами, которые изготовить затруднительно. Для крупных ССГ предложено несколько способов сушки [3; 6] как с помощью внешних источников тепла, так и с подачей напряжения на некоторые обмотки синхронного генератора. Все указанные методы сушки в принципе дают положительный результат, однако на практике в судовых эксплуатационных условиях целесообразно использовать те из них, для которых можно применить имеющиеся на судах источники электроэнергии, то есть можно практически легко осуществить эти методы сушки. В работе проводится анализ существующих методов сушки ССГ и рассматриваются более подробно те из них, которые можно легко осуществить в судовых эксплуатационных условиях. Для определения необходимого теплового режима обмоток ССГ при различных способах сушки разработан тепло-

вой расчет ССГ при сушке вращающегося и неподвижного генератора. Результаты такого расчета сравнивались с опытными данными. Формулы расчета позволяют определить необходимые значения токов в обмотках при сушке. Для проверки и уточнения требуемых значений токов производились испытания в лабораторных условиях и непосредственно на судах. Результаты этих испытаний позволяют уточнить условия выполнения режима сушки ССГ применительно к судам речного флота.

Сушку внешним нагревом осуществляют с помощью продувки полости машины подогретым воздухом. Согласно [6] этот способ рекомендуется применять при низком значении сопротивления изоляции (менее 50 кОм) для обмоток статоров машин переменного тока и (менее 20 кОм) для обмоток возбуждения машин постоянного и переменного тока. При этом прогоняемый через машину воздух может нагреваться калориферами или другими нагревательными элементами. В технологическом процессе сушки желательно обеспечить прохождение воздуха по тому же пути, что и при существующей в электрической машине системе охлаждения. Недостатком этого способа сушки является трудоемкость его выполнения для мощных ССГ и сложность регулирования теплового режима.

Способ сушки потерями в станине предусматривает намотку намагничивающей обмотки на статор ССГ аналогично такому же способу сушки асинхронного двигателя. Ротор ССГ должен быть вынут. Способ наложения такой обмотки и ее расчет приведен в [6]. Достоинством этого способа сушки является возможность его применения для ССГ, имеющих очень низкое сопротивление изоляции, а недостатком — необходимость иметь достаточно мощный источник регулируемого низкого напряжения, рассчитанного на большие токи. Кроме того, намагничивающая обмотка для больших ССГ также должна быть довольно мощной, а трудоемкость ее изготовления и расход материала большие.

Для неподвижного ССГ возможны два способа сушки обмоток:

1) подключение источника однофазного или трехфазного тока промышленной частоты в обмотки статора;

2) подключение источника постоянного тока в обмотку возбуждения.

Оба способа сушки применяются для ССГ, находящихся в собранном состоянии, а сопротивление изоляции обмоток должно быть не ниже 0,1 МОм.

В первом случае при наличии однофазного переменного тока обмотки статора необходимо включать последовательно в открытый треугольник, и так как машина неподвижна, то условия охлаждения ухудшаются и допустимый ток в обмотках не должен превышать 0,5…0,6 от номинального фазного значения.

При нагреве от трехфазного источника пониженного напряжения токи в обмотках будут одинаковыми и также не должны превышать вышеуказанных значений. При подаче трехфазного напряжения ротор необходимо надежно затормозить. Недостатком этого метода является необходимость иметь источник трехфазного переменного тока регулируемого напряжения, рассчитанного на большие токи, что в условиях эксплуатации трудно осуществить. Кроме того, обмотки возбуждения будут нагреваться до более низких температур, так как их нагрев происходит косвенным путем теплом окружающей среды от внутренней полости машины.

Во втором случае в обмотку возбуждения можно подать постоянный ток от имеющегося на судах источника постоянного тока — сварочного преобразователя. Этот способ сушки может быть легко выполнен в судовых условиях эксплуатации. Его недостаток — более низкая температура обмотки статора, обусловленная ее косвенным нагревом.

Сушка током увлажненных обмоток вращающегося судового синхронного генератора осуществляется при симметричном трехфазном коротком замыкании в режиме генератора. При этом способе сушки отсыревших обмоток машина должна быть полностью собрана и обеспечена необходимой измерительной аппаратурой для контроля процесса сушки. Этот способ сушки обеспечивает достаточно равномерный нагрев всех обмоток ССГ, легко поддается регулированию и может быть выполнен в судовых эксплуатационных условиях. Его недостаток — необходимость

довольно длительной работы первичного двигателя ССГ с малой нагрузкой.

Таким образом, на судах речного флота в условиях эксплуатации наиболее целесообразно использовать два способа сушки:

— для неподвижного ССГ — подключение источника постоянного тока в обмотку возбуждения;

— для вращающегося ССГ — режим симметричного короткого трехфазного замыкания в режиме генератора.

Нагрев вращающегося судового синхронного генератора при сушке в режиме симметричного короткого замыкания осуществляется на вращающемся ССГ, обмотка статора которого закорочена. Для определения возможности выполнения этого способа сушки необходимо измерить сопротивление изоляции обмоток, чтобы их значения были не ниже допустимых. Закоротка устанавливается до выключателя ССГ и должна быть рассчитана на номинальный ток статора ССГ. Основные параметры режима короткого замыкания можно определить из характеристик короткого замыкания данного ССГ. Эти характеристики часто прилагаются к документации на электрооборудование судна. На этой характеристике можно найти величину тока возбуждения, которому соответствует требуемое для сушки значение тока короткого замыкания в обмотках статора. Зная величину этого тока возбуждения и сопротивление обмотки возбуждения можно определить параметры источника постоянного тока, то есть ток и напряжение, необходимые для цепи возбуждения. В качестве такого источника на судах речного флота можно использовать сварочный преобразователь. Для обеспечения требуемого режима сушки необходимо отключить систему самовозбуждения ССГ и систему поддержания напряжения на выходе ССГ, то есть следует отключить от щеточного аппарата кабели питания обмотки возбуждения и подключить к ним непосредственно кабель от сварочного преобразователя.

Процесс сушки, то есть температура нагрева обмоток, регулируется током в цепи обмотки возбуждения. В начале процесса сушки скорость роста температуры должна быть небольшой, не превышая 5 °С/ч, а ток в обмотках статора должен находиться в пределах 0,2…0,4 от его номинального фазного значения. Продолжительность начального режима с низкой скоростью роста температуры для ССГ мощностью более 400 кВА должна быть не менее трех часов.

В дальнейшем ток в обмотках статора можно увеличить до 0,5…0,7 от номинального фазного значения. Предельные значения тока статора в режиме симметричного короткого замыкания определяются по характеристике короткого замыкания и наибольшему значению тока в обмотке возбуждения.

При отсутствии в документации характеристики короткого замыкания предельное значение тока возбуждения можно для ССГ с номинальным коэффициентом мощности, равным 0,8, определить по паспортным данным и типовой регулировочной характеристике судовых синхронных генераторов. На типовой регулировочной характеристике судовых синхронных генераторов за единицу принят номинальный ток возбуждения при номинальной мощности ССГ и $\cos\varphi = 0{,}8$. В режиме холостого тока при $I = 0$, ток возбуждения у всех генераторов находится в пределах 0,45…0,55 от его номинального значения.

Анализ характеристик короткого замыкания ССГ показывает, что ток возбуждения в режиме симметричного короткого замыкания при токах в обмотках статора 0,5…0,7 от номинального значения находится в пределах 0,25…0,35 от его номинального значения. Предельные значения температуры нагрева обмоток определяются Правилами технической эксплуатации судового электрооборудования или соответствующей документацией завода-изготовления.

Процесс сушки можно считать законченным, если сопротивление изоляции достигнет допустимого значения и не будет снижаться в течение двух-трех часов. За это же время коэффициент абсорбции К не должен быть менее 1,3, то есть

$$К = R_{60} / R_{15},$$

где R_{60} — сопротивление изоляции через 60 с с момента подачи напряжения мегомметра, R_{15} — тоже через 15 с при условии вращения

рукоятки мегомметра с неизменной скоростью в процессе измерения.

Для проверки предлагаемых значений токов в цепи обмотки возбуждения и в закороченных обмотках статора были проведены испытания в лаборатории и непосредственно на ССГ судов. В ССГ задавались режимы сушки, определялись температуры нагрева обмоток, железа и воздуха внутри машины.

Представлены особенности сушки валогенераторов с бесщеточными системами возбуждения в режиме симметричного короткого замыкания.

В процессе сушки вращающегося ССГ входные и выходные отверстия системы охлаждения должны быть закрыты, и их необходимо периодически открывать для удаления влажного воздуха из внутренней полости машины. Нагрев обмоток, воздуха внутри ССГ и сопротивление изоляции обмоток необходимо периодически записывать, чтобы следить за процессом сушки.

Сушка неподвижного судового синхронного генератора постоянным током в цепи обмотки возбуждения осуществляется на неподвижном ССГ при разомкнутой обмотке статора. Сушка осуществляется потерями в обмотке возбуждения, в которую подается постоянный ток от сварочного агрегата, установленного на речных и морских судах.

Перед выполнением этого режима сушки необходимо предварительно определить величину сопротивления изоляции обмотки возбуждения, и если его величина не ниже 50 кОм, то можно подключать к обмотке возбуждения постоянный ток. Для этого необходимо отключить от щеточного аппарата кабель, подающий к обмотке постоянный ток и подключить кабель от сварочного агрегата. Для снижения нагрева в местах нахождения щеток на кольцах в процессе сушки необходимо периодически поворачивать ротор. Для контроля величины тока в обмотке возбуждения необходимо включать амперметр. Обмотки статора нагреваются косвенным путем теплом от внутреннего воздуха в полости машины и поэтому температура их нагрева значительно ниже, чем у обмотки возбуждения. Поэтому температура нагрева обмотки возбуждения и определяет предельные значения тока в этой обмотке.

Для обеспечения допустимой скорости нагрева обмотки возбуждения в начальный период нагрева ток в обмотке возбуждения не должен превышать 0,2…0,3 от его номинального значения. Так как условия охлаждения неподвижного ССГ значительно хуже, чем у вращающейся машины, то предельные значения тока в обмотке возбуждения не должны превышать 0,5…0,7 от его номинального значения, причем большие значения допустимы для ССГ меньшей мощности.

Для проверки этого способа сушки были проведены испытания непосредственно на ССГ судов с использованием имеющегося на судне сварочного преобразователя постоянного тока. В цепь возбуждения включались необходимые измерительные приборы, в машине устанавливались термометры для измерения температуры.

В результате экспериментальных исследований установлено, что ток в цепи обмотки возбуждения уменьшается с ростом габаритов ССГ. Величина этого тока находится в пределах 0,45…0,55 от номинального значения.

Контроль за режимом сушки производится так же, как и в предыдущем случае.

У ССГ с бесщеточной системой возбуждения постоянный ток в обмотку возбуждения подается в кабель, идущий через полый вал от выпрямителя к обмотке возбуждения. Этот кабель от выпрямителя отключают.

Произведен тепловой расчет судового синхронного генератора при сушке. Тепловой расчет ССГ выполняется с помощью метода тепловых схем, решение которых аналогично методам решения электрических цепей [1; 2; 4; 7].

Сопротивления эквивалентных тепловых схем, обусловленные теплопроводностью твердых тел, могут быть рассчитаны достаточно точно. Однако тепловые сопротивления, обусловленные теплообменом с помощью охлаждающего воздуха или другого движущегося охладителя, определяются значительно менее точно. Поэтому все методы тепловых расчетов уточняются с помощью опытных данных.

В связи с этим режим сушки неподвижного ССГ имеет дополнительные сложности, обусловленные снижением эффектив-

ности работы системы охлаждения, которые обычно не интересуют завод-изготовитель. Поэтому для этого режима необходимо выполнить дополнительные испытания, чтобы уточнить тепловой расчет при сушке ССГ этим способом.

Тепловой расчет ССГ при сушке дает необходимую для практических целей точность.

Список литературы

1. *Вольдек А. И.* Электрические машины / А. И. Вольдек. — Л.: Энергия, 1974. — 624 с.

2. *Гемке Р. Г.* Неисправности электрических машин / Р. Г. Гемке. — Л.: Энергия, 1969. — 272 с.

3. *Котриков К. П.* Эксплуатация и ремонт электрических машин / К. П. Котриков, В. Н. Васильев, И. С. Мирошниченко. — М.: Транспорт, 1981. — 224 с.

4. *Пинский Г. Б.* Расчет явнополюсных синхронных машин / Г. Б. Пинский, В. В. Домбровский. — Л.: Энергоиздат, 1984. — 134 с.

5. *Приходько В. М.* Методы и технические средства комплексных испытаний элементов судовых электроэнергетических систем в судостроении и судоремонте: моногр. / В. М. Приходько. — СПб.: ИПЦ СПГУВК, 2005. — 348 с.

6. Сушка крупных электрических машин переменного и постоянного тока. Инструкция ОБС. 919.056. — 160 с.

7. *Шуйский В. П.* Расчет электрических машин / В. П. Шуйский. — Л.: Энергия, 1968. — 730 с.

ЖУРНАЛ университета водных коммуникаций

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

УДК 621.879.45.004

Л. И. Погодаев,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

А. А. Кузьмин,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

Ю. Е. Ежов,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

Д. Ф. Донских,
СПГУВК

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОЧИХ УСТРОЙСТВ ЗЕМСНАРЯДОВ ИЗНОСОСТОЙКИМИ НАПЛАВКАМИ

REPAIR OF DREDGER MACHINERY WITH WEAR-RESISTANT BRAZE WELDING MATERIALS

В статье представлена новая технология защиты и восстановления изношенных в гидроабразивной среде деталей грунтовых насосов землесосных снарядов и гидроперегружателей. Предложен оптимальный химический состав наплавочного материала, обладающего повышенной износостойкостью при гидроабразивном изнашивании. Приведены результаты производственных испытаний рабочих колес грунтовых насосов, наплавленных новым износостойким материалом с последующим выравниванием рабочих поверхностей самофлюсующимся газотермическим покрытием.

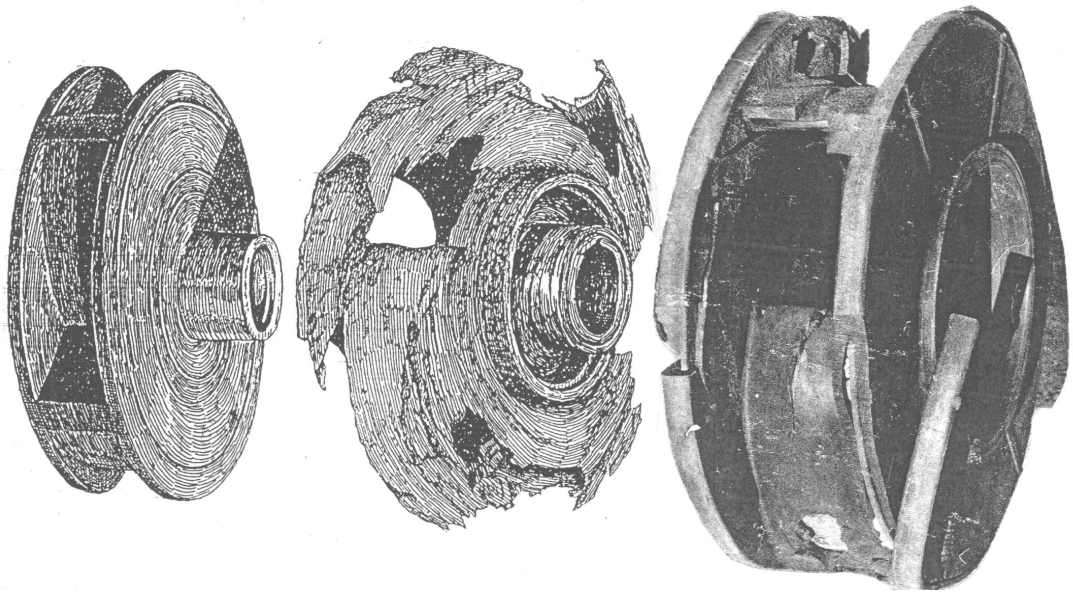
A technology for strengthening and repair of dredger ground pumps parts and hydro-loaders parts under hydro-abrasive wear has been developed. An optimal compound of braze welding materials of high hydro-abrasive wear-resistance quality has been proposed. The article provides the results of field tests of ground pump rotors welded with the new wear-resistant material, followed by surfacing with self-fluxing gas and thermal coating.

Ключевые слова: технология восстановления, земснаряды, гидроперегружатели, наплавочные материалы, гидроабразивное изнашивание.

Key words: strengthening and repair technology, dredger, hydro-loader, braze welding materials, hydro-abrasive wear.

АБРАЗИВНОЕ и гидроабразивное изнашивание (АИ и ГАИ) различных технических средств (ТС) (деталей грунтовых насосов и разрыхлителей грунта, судовых гребных винтов, работающих на мелководье, гидротурбин при воздействии загрязненных абразивными частицами паводковых вод и т. п.) является одним из самых разрушительных видов изнашивания. Так, например, скорость изнашивания рабочих колес, облицовок и корпусов грунтовых насосов, используемых на добыче песка в Финском заливе, при неоптимальных режимах эксплуатации земснарядов и гидроперегружателей может достигать 0,2 мм/ч. При этом деталь толщиной 30 мм может полностью износиться через 150…200 ч. При продолжительности навигации, равной примерно 2 тыс. ч, потребуется несколько замен изношенных деталей (рис. 1 и 2), что связано с выводом ТС из эксплуатации и значительными материальными затратами.

Можно предполагать, что невысокая надежность дноуглубительной техники, в частности интенсивный износ деталей черпаковой цепи земмашин и деталей грунтовых насосов



а *б* *в*

Рис. 1. Рабочее колесо грунтового насоса земснаряда ДЭ-250:
а — до эксплуатации; *б* — после работы в течение 600 ч;
в — износ гуммированного рабочего колеса грунтонасоса гравийным грунтом

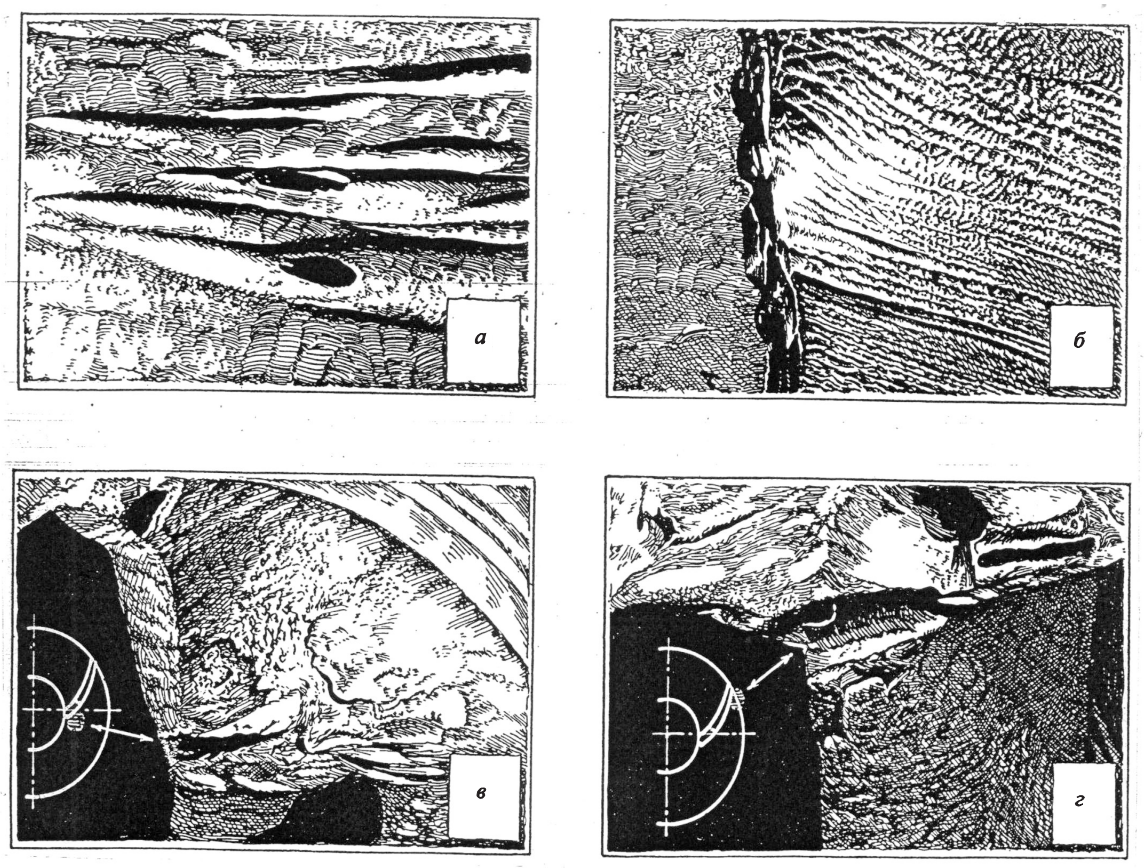


Рис. 2. Характер местного гидроабразивного изнашивания рабочих колес грунтовых насосов:
а — износ поверхности дисков; *б* — износ за приварной планкой;
в — износ поверхности дисков; *г* — износ выходной кромки лопасти

земснарядов, окажется серьезным препятствием для успешного решения крупномасштабного проекта по дноуглублению дельты Волги, предложенного Правительством РФ 29 октября 2010 г. (Аргументы недели. 2010. № 43 (233). 3 нояб.) Президент РФ Д. А. Медведев заявил: «Пора начинать гигантскую стройку на Волге. Для того чтобы спасти самую крупную водную артерию Европы, необходимо углубить ее дельту».

Скорость обмеления дельты постоянно возрастает и за последние 5 лет достигла 100 см/год. За период строительства и пуска восьми гигантских гидросооружений площадь водного зеркала дельты увеличилась в пять раз, а средняя глубина проток уменьшилась более чем на 2 м. Обмеление и разрастание дельты привело к затоплению 15 тыс. м^2 сельхозугодий, к резкому падению уровня воды на участке Нижний Новгород–Астрахань, к нарушению сквозного судоходства в транспортном коридоре «Север–Юг», так как суда типа Волгодон с осадкой 4,5 м преодолеть обмелевшую дельту и ходить по Волге не могут. Каскад из восьми ГЭС, кроме перечисленных выше катастрофических последствий для судоходства, резко ухудшил экологию на 40 % европейской части территории РФ. Исчезли нерестилища ценных пород рыб, увеличилась гибель уникальных видов птиц от действия цианобактерий, выделяемых в воду сине-зелеными водорослями. Вода из водохранилищ при существующих способах очистки стала практически непригодной для питья, летом водная поверхность покрывается толстым слоем зловонной жижи, процессы гниения субстанций различного происхождения способствуют заражению гельминтами рыб, водоплавающих птиц и части жителей Поволжья. Катастрофичность общей ситуации значительно увеличивается еще и в связи с тем, что оборудование каскада гидросооружений давно исчерпало свой (расчетный) ресурс и требует полной замены. В связи с этим полезно вспомнить слова одного американского гидролога: «Если у вас прорвет хотя бы одно гидросооружение, то недавнее гигантское наводнение в Новом Орлеане покажется всем детской забавой».

На углубление дельты Волги потребуется примерно 2–3 млрд руб в год в течение 8–10 лет. Однако даже при условии успешного выполнения намеченных работ общая глобальная проблема по спасению огромного бассейна реки от гибели при сохранении каскада ГРЭС в неизменном виде решена не будет, дноуглубительные работы окажутся лишь весьма затратными профилактическими мероприятиями.

Актуальность и острая необходимость решения глобальной транспортно-экологической проблемы модернизации и оздоровления обширного региона, занимающего почти половину России, сомнений не вызывает. Ясно также, что дноуглубительные работы должны выполняться судами технического флота, оснащенными грунтозаборными устройствами и средствами перемещения грунта или гидротранспорта неоднородной среды (пульпы) в места складирования. Для разработки плотных грунтов обычно используются многочерпаковые земмашины, а для работы на песчаных грунтах — землесосные снаряды (землесосы). Общим для земмешин и землесосов является низкая надежность рабочих устройств (РУ), в первую очередь определяющих их работоспособность и эффективность эксплуатации.

Накопленный опыт показывает, что такими РУ являются детали шарнирного соединения черпаков на земмашинах и детали грунтовых насосов на земснарядах. При этом наибольшему износу подвергаются черпаковые пальцы (рис. 3) и рабочие колеса насосов (рис. 1 и 2). Разновидности эрозии РУ земснарядов указаны в табл. 1.

Таблица 1

Разновидности эрозии рабочих устройств земснарядов

Эрозия рабочих устройств	Абразивная эрозия при высоких давлениях, ударах, вибрациях и заедании в трибосопряжениях	Детали шарнирного соединения черпаковой цепи, черпаки, барабаны
	Гидроабразивная эрозия	Детали грунтовых насосов, пульпопроводы

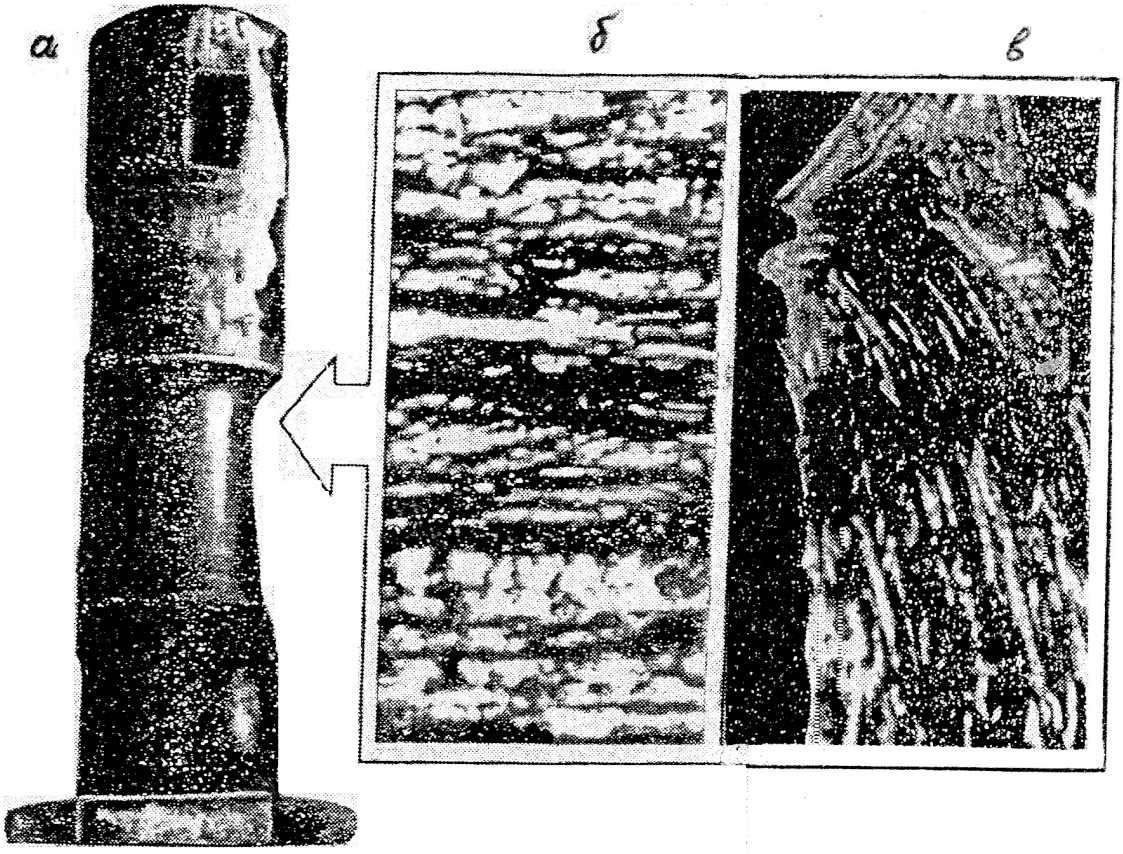


Рис. 3. Характер износа черпакового пальца (*а*) и вид поверхности трения (*б*, *в*)

Износ черпакового пальца Ø70 мм в средней части (рис. 3, *а*) под полозком черпака составил 12 мм. При таком износе земснаряд выводится из эксплуатации для переборки черпаковой цепи, замены деталей (пальцев, втулок в черпаках и колец в соединительных звеньях), получивших предельный износ или значительную деформацию от динамических нагрузок и вибрации элементов цепи. В таких условиях рабочая поверхность деталей имеет весьма грубый рельеф от воздействия абразивных частиц, попадающих в открытые зазоры в сопряжениях (рис. 3, *б*) и продуктов изнашивания, присутствующих на поверхностях трения в результате их схватывания (заедания) с последующим глубинным вырыванием отдельных фрагментов из сопряженных материалов (рис. 3, *в*). На рис. 3, *в* отчетливо видна деформация зерен детали, направленная (вверх налево) к очагу схватывания с вырыванием частиц металла в форме углубления (кратера) с выступающими краями.

На 1 января 2000 г. парк дноуглубительного флота Государственного бассейнового управления (ГБУ) «Волжское ГБУ» состоял из 15 землесосных и 7 многочерпаковых земснарядов. Его основу составляли высокопроизводительные (2500 м^3/ч) землесосы проекта 1-517 и многочерпаковые (550 м^3/ч) снаряды проекта Р36. Сегодня износ специального и энергетического оборудования земснарядов для отдельных судов составляет более 70 %.

Строительство нового дноуглубительного флота в России в последние годы практически остановилось. Затраты на его проектирование и строительство весьма велики. Приведение устаревших судов технического флота в соответствие с современными производственными требованиями для Волжского бассейна целесообразно путем модернизации специального и энергетического оборудования с минимальными затратами и максимальным эксплуатационным эффектом.

Значительные резервы имеются в снижении энергетических затрат на транспортирование грунта землесосными снарядами к месту отвала. Так, например, на реках США уже более 50 лет вместо гибких используются спрямленные управляемые грунтопроводы.

Проведенные на реке Ветлуге испытания опытного образца отечественного спрямленного управляемого грунтопровода показали, что себестоимость кубометра извлекаемого грунта можно снизить на 17 %.

На реках Северного ГБУ в 1980-х гг. успешно использовалось струенаправляющее рулевое устройство, которое позволяло вытягивать нитку плавучего грунтопровода, сокращая его длину на 30–40 %, снижая тем самым затраты топлива на кубометр транспортируемого грунта. Затраты на изготовление и монтаж устройства невелики, а эффект от его использования может быть весьма существенным. Эти способы и средства могут быть успешно использованы при углублении участка р. Волги от Волгограда до Астрахани, где длина спрямленного управляемого грунтопровода может быть сокращена с 500 до 300–400 м.

Что касается многочерпаковых земснарядов, то они имеют средний срок службы от 10 до 14 лет. Сегодня их специальное и энергетическое оборудование также существенно изношено.

Эксплуатация многочерпаковых земснарядов в последние годы характеризуется низким использованием установленной мощности, малой производительностью, высокой себестоимостью извлечения и транспортирования кубометра грунта. Проведенные на Волге испытания показывают, что использование установленной мощности, характеризуемое отношением средней затраченной мощности к паспортной (номинальной) мощности черпакового двигателя составляет 40–60 %.

Одним из действенных путей разработки грунтов различной сложности многочерпаковыми земснарядами является повышение скорости движения черпаковой цепи. Так, скорость движения цепи зарубежных земснарядов достигает 35–40 черпаний/мин. За счет этого они развивают достаточно высокую производительность при относительно небольшой вместимости черпаков. В отечественной практике номинальную частоту опоражниваний черпаков обычно принимают 16–18 черпаний/мин, однако такая частота используется в настоящее время лишь при разработке сравнительно легких грунтов. Разработку же тяжелых грунтов, как правило, ведут при частоте не более 8–12 черпаний/мин по причине значительных нагрузок, возникающих при резании грунта и вследствие ухудшения условий опоражнивания черпаков от липкого грунта. Целесообразно также использование для речных многочерпаковых земснарядов безмайонных черпаковых цепей.

Надежность ТС при ГАИ зависит от многих факторов, в частности от комплекса противоизносных свойств материалов и защитных покрытий поверхности ведущих деталей, а также от режимов эксплуатации установок, определяющих структуру и скорость локальных гидроабразивных потоков. Увеличение скорости обтекания деталей двухфазным потоком приводит к их местному изнашиванию, интенсивность которого в несколько раз превосходит скорость общего ГАИ, что наглядно подтверждается характером изнашивания различных зон на поверхности рабочих колес грунтовых насосов (рис. 2). Наиболее глубокие повреждения (рис. 2, *в*, *г*) располагаются на входе и выходе потока с лопастей рабочих колес, где при работе на неоптимальных режимах (при низких напорах) в двухфазной смеси возникают локальные вихри, обладающие повышенными скоростями прокручивания и более интенсивным эрозионным воздействием.

Таким образом, возникает необходимость разработки эффективных способов восстановления (упрочнения) и ремонта ведущих деталей грунтовых насосов. На первом этапе разрабатывались износостойкие наплавочные материалы, с учетом специфических условий эксплуатации грунтовых насосов [1; 2], изготавливалась опытная порошковая проволока (ПП), определялся оптимальный режим наплавки деталей грунтовых насосов опытной ПП и порошковой смесью для нанесения на поверхность деталей. Отрабатывались технологические процессы восстановления деталей с выравниванием рабочих поверхностей для создания гладкой поверхности, препятствую-

щей развитию местного изнашивания, материалы наносились способами футерования и плазменной наплавки [3, с. 53–60; 4–6].

Разработка наплавочного материала, обладающего повышенной износостойкостью в условиях воздействия абразива различной крупности, проводилась в два этапа. На первом этапе были исследованы Cr–Mn сплавы с дополнительными легированием V, Ti, B, приводящим к образованию в структуре сплавов карбидов ванадия и титана, боридов железа и карборидов (CrBC и Cr_2BC).

Сопоставление механических свойств опытных сплавов с круговой диаграммой их стойкости при ударном ГА изнашивании (рис. 4) позволило установить оптимальное сочетание твердости HV и ударной вязкости $\alpha_н$, обеспечивающее наибольшую износостойкость сплавов в условиях ударного и безударного ГА изнашивания.

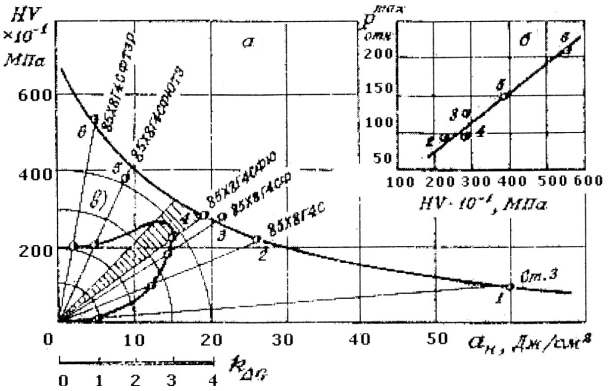


Рис. 4. Свойства и износостойкость наплавочных материалов:
а — зависимость твердости от ударной вязкости;
б — зависимость силы удара от твердости при определении $\alpha_н$;
в — круговая диаграмма износостойкости материалов

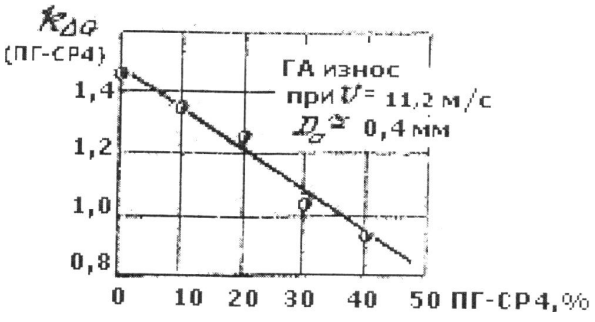


Рис. 5. Влияние состава порошкоый смеси на относительную износостойкость наплавленного металла

Приняв за основу систему легирования Fe–C–Cr–Mn, на втором этапе методом планирования эксперимента и регрессионным анализом была произведена оценка влияния на износостойкость опытных сплавов более широкого круга, легирующих элементов в заданных интервалах содержания. В результате исследования получено следующее уравнение регрессии:

$$k_{\Delta G} = 0.99Al - 0.18Cr - 0.42Ti + 0.07Zr + 0.07Mo -$$
$$- 0.1V + 1.47B + 0.22Si - 0.11Mn + 3.87.$$

С использованием уравнения регрессии было рассчитано шесть составов шихты для изготовления опытных ПП [3, с. 53–60].

Результаты комплексных испытаний опытных ПП диаметром 2,6 мм показали, что наилучшим сочетанием технологических свойств и износостойкости обладают ПП, обеспечивающие получение наплавленного металла типов: 120Х9Г5С3Ф2Т, 140Х8Г5СФ2Т2 и 80Х7Г4С2ФТ, содержащие дополнительно по 0,75 % Mo, 0,9–1,5 % B и 0,03–0,11 % N и имеющие твердость 50, 54 и 55 HRC соответственно.

Микроструктура износостойких сплавов, наплавленных опытными ПП, представляет собой аустенитно-мартенситную матрицу, содержащую карбиды ванадия и титана, бориды и нитриды железа, равномерно распределенные в объеме.

Сравнительные испытания опытных ПП в условиях ударного ГА изнашивания грунтосмесью, содержащей гравий (I вариант) и при безударном ГА изнашивании речным песком (II вариант), выявили высокую стойкость металла, наплавленного опытными ПП. Среднее значение коэффициента износостойкости при наплавке проволокой ПП-Нп-140Х8Г5С2Ф2Т2Р по отношению к эталонной стали 25Л оказалось равным 3,12 (табл. 2)

Оценка технологичности и производительности наплавки опытными ПП показала возможность механизированной наплавки в 4–5 проходов без трещинообразования (с предварительным нагревом детали до 200 ºС) при хорошем формировании наплавленного слоя и достаточно высокой производительности.

Таблица 2

Износостойкость $k_{\Delta G}$ наплавочных материалов

Наплавочные материалы	Твердость HRC	$k_{\Delta G} = \Delta G_{25л} / \Delta G_{ПП}$		
		I вариант	II вариант	Среднее
ПП-Нп-140Х8Г5С2Ф2Т2Р	54	2,66	3,57	3,12
ПП-Нп-80Х7Г4С2ФТР	55	2,04	3,04	2,54
ПП-Нп-150Х15Р3Т2 (ГОСТ 26101-84)	58	2,20	2,72	2,45
ПП-Нп-120Х9Г5С3Ф2ТР	50	1,75	2,29	2,02

Технологический процесс восстановления или предварительного упрочнения деталей, подвергающих при эксплуатации интенсивному ГА изнашиванию, разработан применительно к ведущим деталям грунтовых насосов в трех вариантах: механизированная наплавка деталей новой ПП; наплавка ПП с последующим нанесением абразивно-клеевой композиции для выравнивания рабочей поверхности; наплавка ПП с последующей плазменной наплавкой смеси порошков для получения гладкой поверхности после восстановления.

Опытной ПП были восстановлены рабочее колесо и корпус грунтового насоса 16 Гру — 8 л. Корпус наплавляли по всей ширине отвода в районе отсекателя, смотрового люка, фундаментной лапы, а также неширокую кольцевую поверхность отвода, примыкающую к бронедискам. На рабочем колесе наплавляли входные и выходные кромки лопастей, поверхности переднего и заднего дисков.

Наплавку производили валиками шириной 30−50 мм, толщиной 3−5 мм за один проход на экспериментально установленных оптимальных режимах: силе тока 300−340 А; напряжении дуги 37−30 В; скорости наплавки 12−20 м/ч; скорости подачи ПП 180 м/ч; вылете электрода 50−70 мм при поперечных колебаниях электрода. Для наплавки использовался полуавтомат ПДО-517 (А-765) с горелкой, оснащенной отсосом вредных газов. В качестве источника питания дуги применялся выпрямитель ВДУ-506, а также преобразователи типа ПСГ-500 с жесткой вольт-амперной характеристикой.

Наплавку деталей производили по схемам, предотвращающим появление значительных деформаций и трещин с предварительным подогревом мест восстановления до температуры 150−200 ºС. Перед наплавкой кольцевой зоны на внутренней поверхности корпуса производили выточку под наплавку глубиной 4 мм на диаметре от 1200 до 1300 мм на карусельном станке. Зоны местного износа глубиной более 15 мм предварительно наплавляли проволокой Св-08Г2С. Для медленного остывания металла в зонах наплавки использовали асбестовую ткань АТ-7.

Второй вариант восстановления включал наплавку деталей опытной ПП по изложенному выше варианту с последующим выравниванием поверхности износостойкой абразивно-клеевой композицией. Основой композиции являлось смола ПН-1 (100 частей) с модифицирующей добавкой метаэтилкетона ПМЭК (80 частей) и ускорителя НК-2 (1 часть).

Испытания абразивно-клеевых композиций на лотковой установке показали, что наибольшая износостойкость композиций достигается при введении в них кварцевого песка крупностью 0,20−0,63 мм в количестве 300 мас. % на 100 мас. % связующего и продолжительности полимеризации не менее 10 суток.

Третий вариант восстановления включал наплавку деталей опытной ПП по первому варианту с последующим выравниванием плазменной наплавкой смеси порошков на железной и никелевой основе.

Для установления оптимальной пропорции порошков Пр-Х4Г2Р4С2Ф (на основе Fe) и ПГ-СР4 (на основе Ni) в смеси были проведены сравнительные испытания на ГА изнашивание сплавов, полученных наплавкой шести составов механических смесей порошков с соотношением в пределах от 0 до 100 мас. %.

Анализ результатов показал, что при содержании порошка ПГ-СР4 в количестве 20 и более мас. % и наплавке смеси с амплитудой

колебаний плазматрона 60 мм формируется гладкая поверхность с наименьшим количеством дефектов. Поскольку при содержании в смеси порошка ПГ-СР4 в количестве менее 20 мас. % не удается получить качественную наплавленную поверхность, то соотношение порошков 20:80 в смеси Ni и Fe следует считать оптимальным, несмотря на то что износостойкость покрытий, наплавленных порошковыми смесями с содержанием порошка на железной основе более 80 мас. %, возрастает (рис. 5).

Выравнивающую плазменную наплавку порошковой смесью установленного оптимального состава производили в зонах интенсивного местного изнашивания в районе выходных кромок лопастей рабочего колеса насоса 16Гру-8л. Крупность порошков при этом составляла 0,10…0,16 мм. Наплавку производили на установке УПН-303 по экспериментально установленным оптимальным режимам: сила тока 190−200 А, напряжение 30−35 В, скорость наплавки 0,12 м/мин, амплитуда и частота перемещения плазмотрона 60 мм и 23 мин$^{-1}$ соответственно, полярность обратная, расход порошка 18 г/мин. В начальной стадии процесса наплавки осуществляли подогрев зоны наплавки до 250 ºС.

Для производственных испытаний деталей земснарядов, наплавленных опытной ПП, было изготовлено четыре комплекта деталей грунтовых насосов. Каждый комплект состоял из корпуса и рабочего колоса. Три комплекта деталей наплавили: серийной ПП-Нп-200Х15РС2Т; опытной проволокой ПП-Нп-140Х8Г5С2Ф2Т2Р и электродами 13 КН/ЛИВТ. Четвертый комплект деталей был наплавлен опытной ПП, а затем покрыт абразивно-полимерной композицией. Выходные кромки лопастей рабочих колес были наплавлены в два слоя: нижний наплавлялся опытной ПП, верхний — выравнивающей порошковой смесью, состоящей из порошков на железной и никелевой основе в соотношении 4:1. Восстановленные детали испытывались на четырех гидроперегружателях ГП-9, ГП-10, ГП-11 и ГП-18, принадлежащих ОАО «СЗП».

Для оценки эффективности использования опытной ПП для наплавки деталей, подвергающихся изнашивающему воздействию гидроабразивной массы, при значительных удельных давлениях на рабочие поверхности, режущие кромки двух черпаков емкостью 700 литров земснаряда № 502, приписанного к линейному участку Волго-Балтийского водного пути, были наплавлены опытными проволоками ПП-Нп-120Х9Г5С3Ф2ТР и ПП-Нп-140Х8Г5С2Ф2Т2Р. Режущая кромка третьего черпака была наплавлена серийной проволокой ПП-Нп-350Х10Б8Т2 (ГОСТ 26101-84). Наплавке подвергались также поверхности в виде полос шириной 80–100 мм, прилегающие к козырьку с наружной и внутренней стороны.

Для предотвращения трещинообразования износостойкая наплавка производилась по подслою, наплавленному электродами марки 03С-4. Наплавку опытными ПП производили при силе тока 300−320 А, напряжении дуги 27−30 В и скорости подачи проволоки 158 м/ч.

Земснаряд с опытными черпаками работал на тяжелом гравийно-глинистом грунте в районе р. Свирь Ленинградской области. Обследование черпаков было произведено после 1200 ч эксплуатации. Было установлено, что стойкость наплавки опытными ПП примерно в 1,3−1,5 раза превышает стойкость металла, наплавленного более хрупкой проволокой ПП-Нп-350Х10Б8Т2, содержащей дефицитный ниобий, а также электродами марки 13 КН/ЛИВТ. В сравнении с неупрочненными козырьками, восстановленные козырьки показали в 2,5−3,5 раза более высокую стойкость в жестких условиях резания плотных глинистых грунтов. Металл, направленный на внешнюю и внутреннюю стороны трех опытных черпаков, имел незначительный износ.

Годовой экономический эффект от применения новой ПП при восстановлении и упрочнении ведущих деталей грунтовых насосов пяти гидроперегружателей с учетом экономии на монтаж и демонтаж оборудования составит около 70 млн руб.

Основные результаты

1. Разработан состав новой ПП типа 140Х8Г5С2Т2Ф2Р, обеспечивающий получение износостойкой структуры в наплавленном слое, состоящей из аустенитно-мартенситной матрицы и равномерно распределенных в

объеме упрочняющих включений карбидов и карбоборидов. Повышенная износостойкость деталей, наплавленных новой ПП, достигается как при царапающем, так и при ударном воздействии абразивных частиц.

2. Разработаны и опробованы в производственных условиях технологические процессы восстановления (упрочнения) деталей земснарядов, повышающие срок службы оборудования за счет износостойкой наплавки и получения гладкой поверхности, уменьшающей проявление местного износа.

3. Разработана технология двухслойной наплавки: основной слой наплавляется опытной порошковой проволокой; наружный выравнивающий слой, состоящий из смеси порошков на никелевой и железной основе, наплавляется плазменным способом [6].

Список литературы

1. *Погодаев Л. И.* Гидроабразивный и кавитационный износ судового оборудования / Л. И. Погодаев, П. А. Шевченко. — Л.: Судостроение, 1984. — 264 с.

2. *Погодаев Л. И.* Режимы работы и долговечность деталей землесосных снарядов / Л. И. Погодаев, Н. В. Лукин. — М.: Транспорт, 1990. — 192 с.

3. *Ежов Ю. Е.* Выбор и испытания наплавочных материалов для деталей грунтовых насосов / Ю. Е. Ежов // Судостроение и судоремонт: сб. науч. тр. — Л.: ЛИВТ, 1990. — Вып. 3.

4. *Погодаев Л. И.* Структурно-энергетические модели надежности материалов и технических средств / Л. И. Погодаев, А. А. Кузьмин. — СПб.: СПГУВК, 2010. — 123 с.

5. *Погодаев Л. И.* Эрозия материалов и судовых технических средств в неоднородных жидких и газообразных средах: моногр. / Л. И. Погодаев, А. А. Кузьмин. — СПб.: СПГУВК, 2004. — 378 с.

6. *Погодаев Л. И.* Структурно-энергетические модели износостойкости пористых покрытий (ГТП): моногр. / Л. И. Погодаев, А. А. Кузьмин. — СПб.: СПГУВК, 2005. — 208 с.

УДК 621.822

В. Ю. Иванов,
ст. преподаватель,
СПГУВК

К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ ВКЛАДЫША НА НАПРЯЖЕННОЕ И ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ШАРНИРА

INFLUENCES OF THE THICKNESS OF THE LOOSE LEAF ON THE INTENSE AND DEFORMED CONDITION OF THE JOINT

В статье рассматривается влияние толщины вкладыша шарнира как плоской задачи на параметры напряженного и деформированного состояния.

In the article the influence of the sizes of the loose leaf of the joint as flat problem on parameters of the intense and deformed condition is considered.

Ключевые слова: шарнир, вкладыш, контактная задача, напряженное и деформированное состояние.

Key words: joint, loose leaf, contact problem, intense and deformed condition.

В РАЗЛИЧНЫХ областях тяжелого машиностроения зачастую можно встретить шарнирные соединения, выполненные в виде жесткого корпуса с вставленным в него низкомодульным вкладышем. Помимо очевидного экономического эффекта, такое конструктивное выполнение узла улучшает его фрикционные свойства, ремонтопригодность и существенно повышает несущую способность, поэтому задача определения оптимальных размеров вкладыша является практически значимой и актуальной.

В работе [1, с. 124–129] приведен анализ методик определения и численное исследование напряженного состояния, возникающего в контактной зоне при взаимодействии двух цилиндрических тел, с учетом диаметрального габарита охватывающего тела для различных групп материалов контактирующих тел. Однако результаты, изложенные в этой работе, не описывают характер НДС в соединении с вкладышем, поэтому в данной работе по возможности этот недостаток восполнен.

Рассмотрим плоскую задачу о внутреннем контакте упругих тел, ограниченных цилиндрическими поверхностями близких диаметров, связанную с определением параметров НДС:

— контактного угла;

— контактных давлений (напряжений);

— контактных перемещений.

Такая постановка задачи приближает ее к реальной конструкции, для чего в рассмотрение введен безразмерный диаметральный параметр, характеризующий размеры вкладыша $m = \frac{d_1}{d_3}$, где d_1, d_3 — размеры по рис. 1, причем $d_1 \le d_3 \le B$.

Задача решается в предположении, что тела являются абсолютно гладкими, в контакте отсутствуют силы трения. Ось рассматривается абсолютно жесткой, а оптимальный наружный размер корпуса B выбирался по рекомендациям [1, с. 124–129], чтобы исключить его окружную деформацию и не вносить погрешность при оценке контактных параметров на НДС вкладыша.

Для решения задачи влияния размеров вкладыша на НДС был использован расчетный комплекс, в основу которого положен численный метод решения — метод конечных элементов (МКЭ).

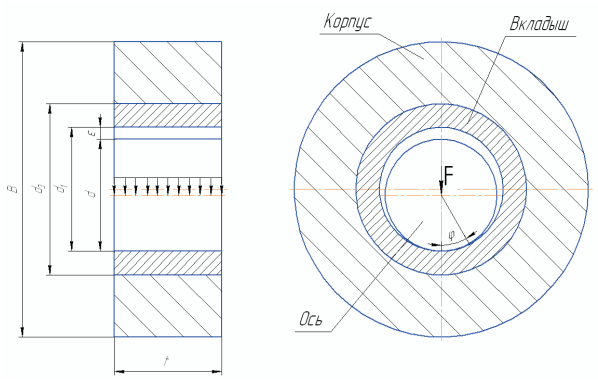


Рис. 1

Модель формировалась из плоских упругих конечных элементов первого порядка (КЭ), при этом тело стального корпуса и бронзового вкладыша моделировались элементами четырехугольной формы, а в модели стальной оси использовался смешанный тип сетки (элементы четырехугольной и треугольной формы). Узлы данных типов элементов имеют две степени свободы — перемещения U_X и U_Y. Задача решалась в симметричной постановке (половина соединения), в связи с этим на серединных гранях соединения задавалось крепление, соответствующее условию симметрии, то есть $U_X = 0$. На верхней части наружной поверхности корпуса (дуге в 90°) накладывалось ограничение перемещению по оси Y, то есть $U_Y = 0$. Такое наложение ограничений приближает конечноэлементарную модель к реальной конструкции, встречающейся в тяжелой технике, например массивные проушины грузоподъемных машин. Конечноэлементная модель (рис. 2) соединения состоит из 9948 элементов.

Для моделирования оси с абсолютной жесткостью в модели по рис. 2 нагрузка F равномерно распределена по всей площади поперечного сечения оси и направлена в противоположную сторону оси Y.

Данная задача решалась в линейной постановке (контакт КЭ оси и вкладыша, вкладыша и корпуса задавался «узел в узел»). Положительные стороны данного подхода по сравнению с контактной задачей в нелинейной постановке — это простота задания контакт-

ных элементов и меньшая трудоемкость (сокращение машинного времени на решение).

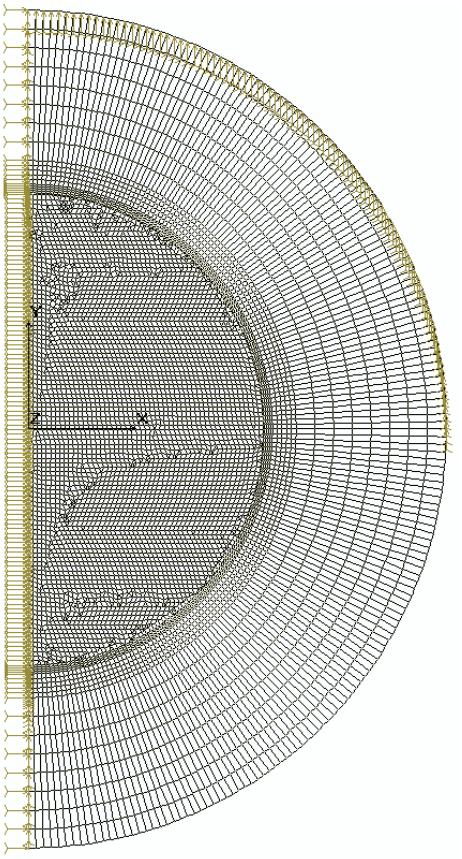


Рис. 2

Параметры соединения, в соответствии с рис. 1 следующие:

— нагрузка F = 128,5 кН;

— диаметр оси d_1 = 110 мм;

— диаметр корпуса B = 300 мм;

— диаметр вкладыша, в мм: d_3 = 110, 114, 125, 160, 195, 230, 265, 300;

— длина соединения t = 110 мм;

— диаметральный зазор ε = 0,3 мм;

— диаметральный зазор между вкладышем и корпусом принимался равным 0 мм;

— физические свойства материалов тел соединения: бронза, с характеристиками $E_1 = 1{,}1 \cdot 10^5$ МПа, $\mu_1 = 0{,}33$; сталь, с характеристиками $E_2 = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа, $\mu_2 = 0{,}3$.

Максимальные параметры напряженного и деформированного состояния для вкладыша, а именно контактные давления (напряжения) p_r, контактные перемещения u_r и контактный полуугол φ, рассчитанные МКЭ для различных m, представлены на рис. 3, 4.

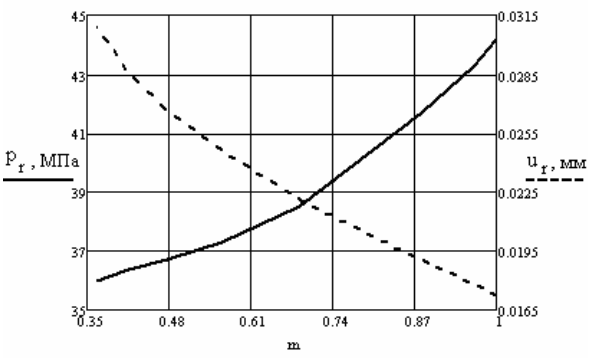


Рис. 3

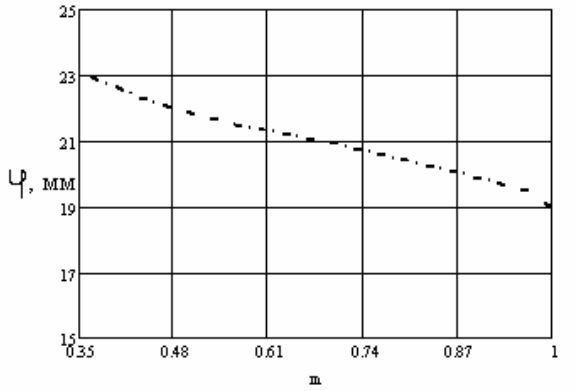


Рис. 4

Из рис. 3, 4 видна степень влияния на значения контактных параметров НДС размера вкладыша. В частности видно, что уменьшение параметра m, то есть установка толстостенных вкладышей, приводит к снижению прочностной надежности, жесткости деталей шарнира и к увеличению металлоемкости материала вкладыша, а как результат — и к стоимости шарнира. Возникает вопрос о целесообразности малых m. На рис. 5 приведена зависимость отношения массовой доли бронзового вкладыша $m_{бр}$ к массе всего шарнира $M_ш$ (масса оси не учитывается) от параметра m.

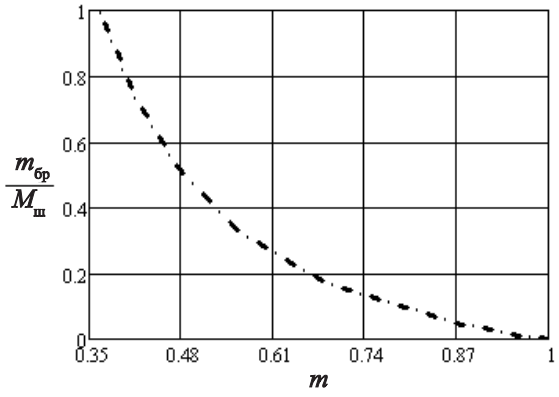


Рис. 5

Следует отметить, что при назначении толщины вкладыша $\delta = \frac{d_3 - d_1}{2} \to \min$ необходимо задумываться над возможностью изготовления таких тонкостенных цилиндров на производстве, то есть задумываться о технологичности данной детали.

Отметим, что для конструкций шарнирных узлов перегрузочных машин, например сочленений стреловых систем портальных кранов, грузозахватных приспособлениях большой грузоподъемности, при выборе оптимальных параметров вкладыша может быть рекомендовано неравенство: $0{,}1 \le m^{-1} - 1 \le 0{,}15$.

Список литературы

1. *Иванов В. Ю.* О влиянии конечных размеров шарнира на решение контактной задачи / В. Ю. Иванов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. — 2010. — № 4 (110).

УДК 621.822.8, 629.54

Р. Н. Гаврилюк,
аспирант,
СПГУВК

ПРОЧНОСТНАЯ ОЦЕНКА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ СУДОВОГО ВАЛОПРОВОДА

THE STRESS-STRAIN ESTIMATION OF SHIP'S SHAFTING ROLLING BEARINGS

В статье произведена прочностная оценка конструкции подшипника качения с полыми роликами. С помощью МКЭ определены максимальные контактные напряжения в местах контактов тел качения, изгибные напряжения и деформации роликов. После получения итерационного процесса поиска решения нелинейной задачи был выполнен анализ полученных результатов. Также решается задача исследования НДС подшипника при перекосе вала.

The article represents the strength estimation of rolling bearings construction with hollow rollers. By means of finite element method (FEM) the maximum contact pressure in areas of roller contacts, bending leverages and roller deformations are defined. After the iterative process of nonlinear solution had been carried out, the final results were analyzed. Also the research task of rolling bearing mode of deformation at shaft misalignment is solved.

Ключевые слова: подшипники качения, ролики, напряжения.
Key words: the rolling bearings, the rollers, the strength.

РЕШЕНИЮ вопросов в проблеме повышения надежности судовых валопроводов посвящено много работ отечественных и зарубежных авторов.

Конструктивная простота валопровода — кажущаяся. Длительный опыт эксплуатации судов свидетельствует о том, что до сих пор наблюдаются поломки валов и частоты случаи аварийного износа подшипников. При этом количество повреждений и аварий гребных валов возрастает с увеличением их диаметров. Нарушение работоспособности валопровода приводит к снижению скорости судна или полной потере хода и может создать условия, приводящие к гибели людей. Ремонт валопровода связан с большими экономичес-

кими потерями, которые определяются необходимостью вывода судна из эксплуатации и постановки его в док. На данном основании валопровод следует отнести к числу наиболее ответственных и напряженных деталей энергетической установки.

В то же время изготовление валопровода и последующий его монтаж на судне требуют значительных материальных и трудовых затрат. Задача повышения работоспособности валопровода является актуальной, так как не удается увеличить технический ресурс валопровода и сократить влияние эксплуатационных условий на его работу. Поэтому проблема долговечности валопровода — это задача конструирования, расчета прочности и долговечности, технологии изготовления и монтажа.

Перспективным направлением повышения несущей способности валопровода является новое конструктивно-технологическое решение в виде опорного подшипника качения с полыми роликами, который дает возможность увеличить КПД валопровода и снизить механические потери линии вала. Предполагается, что введение в конструкцию элемента в виде полого ролика, расположенного между кольцами подшипника, и создание увеличенной ширины площадки контакта за счет уменьшения жесткости соприкасающихся тел позволяют снизить контактные напряжения и повысить долговечность опоры. Применение полых роликов повышает долговечность опоры за счет лучшего распределения нагрузки по телам качения, подшипник имеет более мягкую эпюру напряжений, при этом пиковая нагрузка на подшипник снижается в 2–3 раза.

Таким образом, проблема формирования высокотехнологичных и надежных конструктивно-технологичных решений, основой которых являются подшипники качения с повышенными эксплуатационными характеристиками, для повышения работоспособности валопровода, увеличения его технического ресурса и сокращения влияний эксплуатационных условий на его работу, является актуальной, особенно при постройке судов и кораблей на экспорт.

Для практической реализации разработанной новой конструкции подшипника необходимо выполнить прочностную оценку конструкции подшипника и произвести исследование влияния изменения параметров пустотелости на прочность и работоспособность подшипника с полыми роликами, влияние на его напряженно-деформированное состояние и несущую способность.

Расчет подшипника с помощью метода конечных элементов

Целью расчета является определение прочностных характеристик подшипника и их оценка.

Для этого был проведен расчет подшипника качения со следующими характеристиками: внешний радиус корпуса подшипника = 570 мм; внутренний радиус корпуса подшипника = 545 мм; внешний радиус ролика = 50 мм; параметр пустотелости = 0,5, под параметром пустотелости в расчете понимается отношение внутреннего диаметра ролика к наружному; диаметр вала = 445 мм.

Моделирование работы подшипника осуществлялось следующим образом. Средствами препроцессора ANSYS строилась геометрическая модель, которая разбивалась на конечные элементы типа PLANE82. В силу симметрии модели подшипника для всех расчетных случаев дискретизации была подвергнута лишь половина модели, а на плоскостях разреза заданы условия симметрии.

На модель накладывались следующие граничные условия [1]:

— наружное кольцо подшипника было жестко заделано по всем степеням свободы;

— сепаратор подшипника имитировался при помощи условий симметрии, наложенных на плоскости роликов, проходящие через центр, и перпендикулярных направлению движения роликов по беговой дорожке;

— по узлам, лежащим на внутренней поверхности вала, было произведено объединение степеней свободы по вертикальной оси (OY). Данное объединение позволило смоделировать жесткое перемещение вала с посаженным на него подшипником с целью передачи нагрузки.

В контактах роликов с кольцами были сгенерированы контактные пары типа «поверх-

ность–поверхность». На поверхностях роликов заданы элементы CONTA172, на кольцах подшипника — TARGE169.

В соответствии с общими принципами нелинейных контактных задач [2] нагружение модели проводилось в два этапа. На первом шаге нагружения подшипнику задавался предварительный натяг, равный 0,0001 мм. Это необходимо для того, чтобы контактирующие поверхности сблизились на расстояние, достаточное для того, чтобы начали срабатывать контактные пары [3]. Далее прикладывалась общая вертикальная сила, равная 4500 кН (в расчете сила была уменьшена в два раза, так как анализу подвергалась лишь половина модели).

Используемая марка стали для роликов 60С2А, сталь конструкционная рессорно-пружинная:

— твердость материала НВ 10-1 = 269 МПа;

— предел кратковременной прочности = 1570 МПа;

— предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации) = 1375 МПа;

— относительное удлинение при разрыве = 6 %;

— относительное сужение = 20 %.

Результаты расчета

На рис. 1 показаны эквивалентные напряжения по гипотезе Губера–Мизеса.

На рис. 2 показано напряженно-деформированное состояние тех роликов, которые в основном воспринимают нормальную нагрузку.

Видно, что максимальные значения эквивалентных деформаций наблюдаются в полюсах ролика в практически точечных зонах контакта. Сопоставимые с ними по величине деформации — следствие изгиба ролика в зоне большой кривизны.

На рис. 3 показаны некоторые числовые значения максимальных напряжений при контакте ролика с внешним

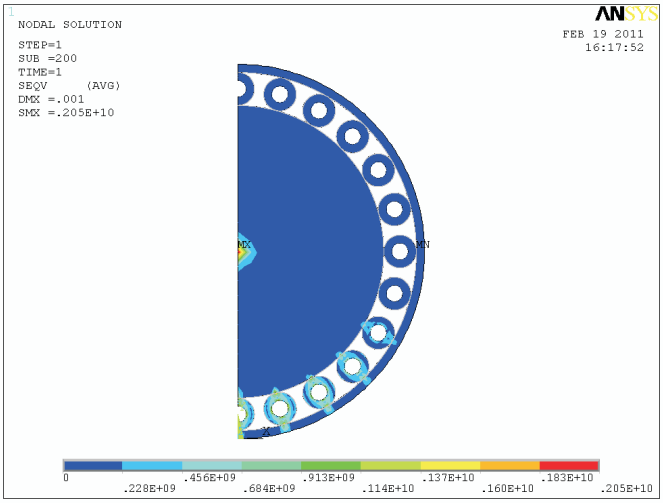


Рис. 1. Эквивалентные напряжения (по фон Мизесу)

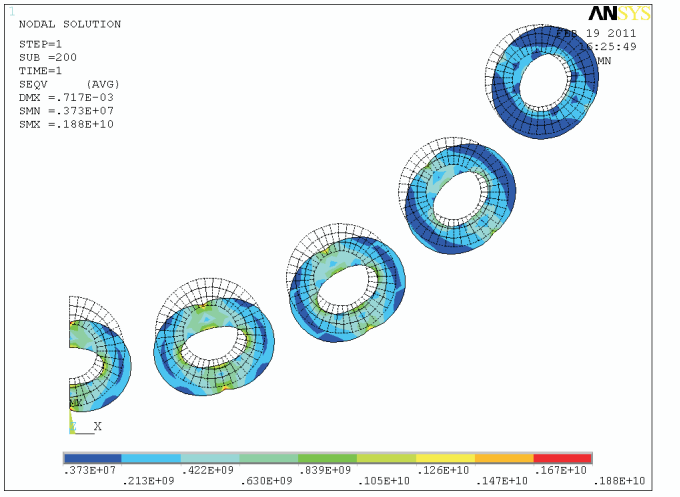


Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние роликов, увеличение в 57 раз. Поле напряжений Мизеса

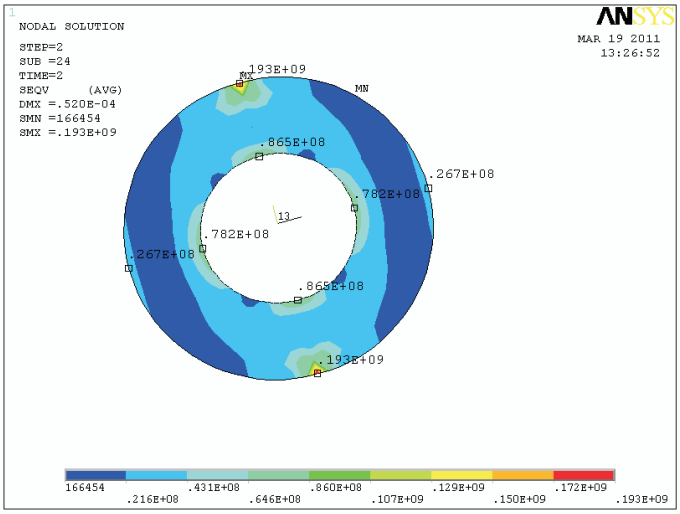


Рис. 3. Максимальные напряжения в областях контакта ролика

кольцом и валом, а также в областях максимального изгиба.

На рис. 4 представлены контактные давления на поверхностях роликов.

Далее были определены площадки контактов и установлено, что для заданного уровня нагрузки площадки контакта с нормальным взаимодействием ограничены фактически размером первого конечного элемента, контакт с трением происходит в пределах размера двух конечных элементов. Увеличение числа КЭ может уточнить размеры площадок, но не существенно. При этом время нелинейного расчета весьма возрастет. Размер контактной площадки имеет значение при анализе износа роликов. Поскольку на данном этапе исследования рассматривается статическая прочность, существующая сетка считается удовлетворительной.

На рис. 5 представлена зависимость изменения контактного давления от уровня нагрузки. Контактные давления снимались на площадках контакта первых четырех роликов, где уровень контактных давлений максимальный. Также было определено, что контактные давления практически одинаковы на верхней и нижней площадке каждого ролика, что соответствует теоретическим исследованиям. Из графика видно, что зависимость имеет линейный характер и максимальные контактные давления находятся на первом ролике и достигают 1880 МПа. Далее по мере удаления роликов от центра подшипника происходит снижение контактного давления на площадках контактов, второй ролик — 1810 МПа, третий ролик — 1650 МПа, четвертый ролик — 1380 МПа.

В отличие от сплошного ролика, прочность полого ролика определяется не только контактными, но и изгибными напряжениями. На рис. 6 представлена зависимость изменения напряжений в контактной зоне на первых четырех роликах.

Было определено, что по мере снижения напряжений в местах контакта роликов с валом, происходит снижение изгибных напряжений растяжения и сжатия на внутренней поверхности ролика.

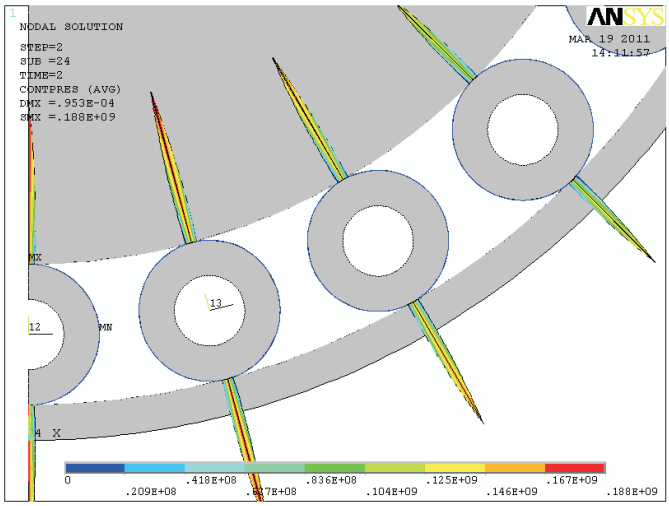


Рис. 4. Контактные давления

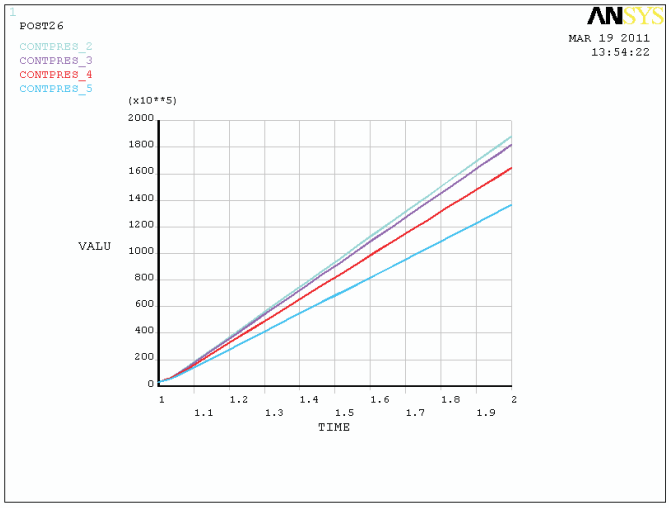


Рис. 5. Изменение контактного давления от уровня нагрузки

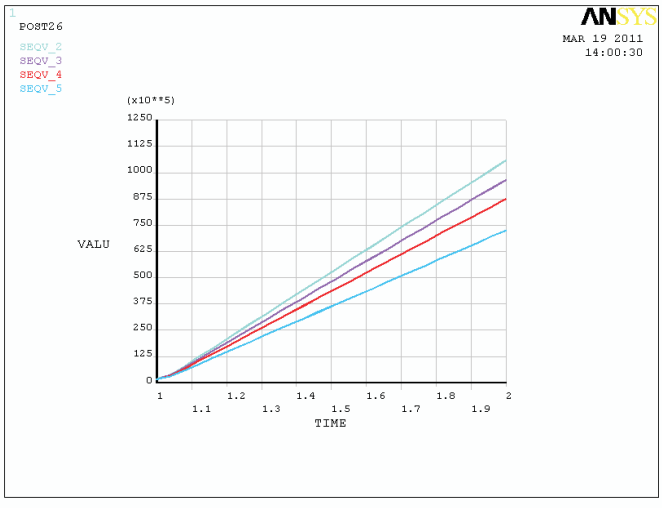


Рис. 6. Изменение напряжений в контактной зоне от уровня нагрузки

Также в настоящее время решается задача исследования напряженно-деформированного состояния подшипника при перекосе вала [4, с. 51–56], рис. 7, но эта задача требует построения трехмерной модели, что очень трудоемко. Для решения этой задачи была построена плоская модель подшипника с перекосом вала, но для того, чтобы определить влияние перекоса вала на полые ролики подшипника, необходимо представить в расчете полый ролик целым, но с меньшим коэффициентом упругости, что правомерно, так как имеет место линейная зависимость между напряжениями и деформациями. На рис. 8 показана модель для определения модуля объемного сжатия для каждого коэффициента пустотелости.

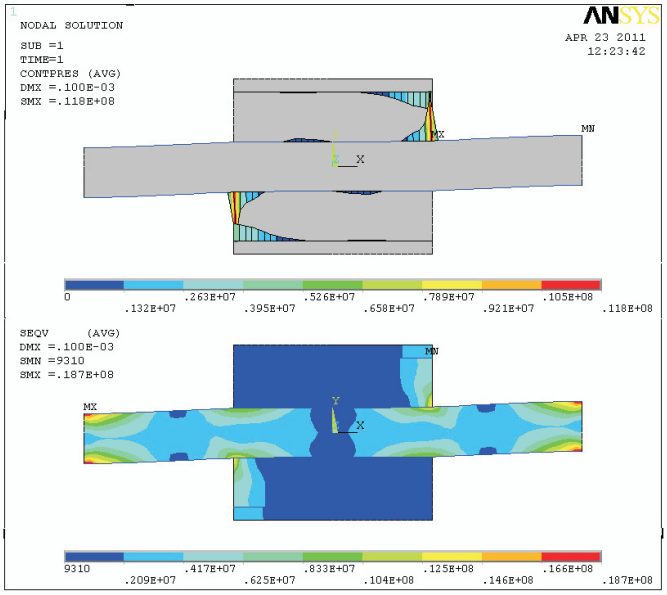


Рис. 7. Имитация перекоса судового вала в подшипнике качения

Таким образом, в программном комплексе ANSYS v.12.1 была выполнена прочностная оценка конструкции подшипника: был выполнен сопоставительный анализ вариантов его нагружения путем расчета контактных напряжений в местах контактов тел качения. После получения итерационного процесса поиска решения нелинейной задачи был выполнен анализ полученных результатов. Интерес представляет распределение нагрузки между роликами и контактные напряжения на площадках контакта.

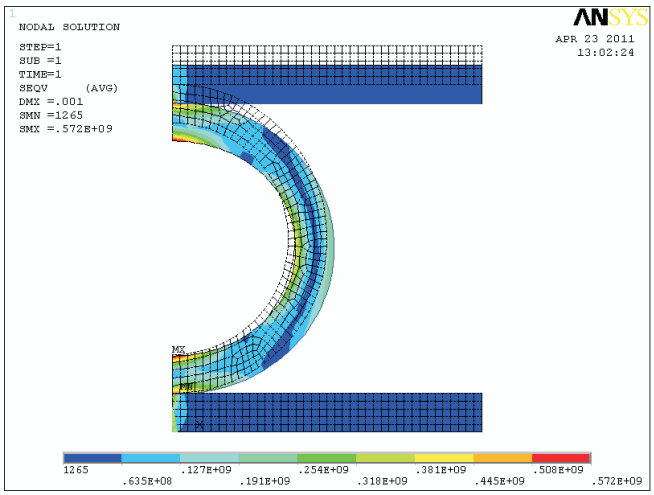


Рис. 8. Модель для определения модуля объемного сжатия ролика

В результате проведения анализа установлены эквивалентные напряжения в центре площадки контакта наиболее нагруженного ролика с валом 1880 МПа и соседнего ролика с валом 1810 МПа. Предельно допустимые напряжения в подшипниках качения в местах точечного контакта равны 5 тыс. МПа. Анализ распределения напряжений в результате нагружения показал, что значения напряжений не превышают предельно допустимых значений. Проведенный конечноэлементный анализ позволил смоделировать условия нагружения подшипника и провести сопоставление и оценку его рассчитанных параметров с целью оптимизации конструкции подшипника.

Список литературы

1. *Сызранцев В. Н.* Расчет напряженно-деформированного состояния деталей методами конечных и граничных элементов / В. Н. Сызранцева, К. В. Сызранцева. — Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2000. — 111 с.

2. *Басов К. А.* ANSYS в примерах и задачах / К. А. Басов; под общ. ред. Д. Г. Красковского. — М.: КомпьютерПресс, 2002. — 224 с.

3. ANSYS Solutions. — 2006 [рус. ред.]. — № 3: Энергетика. — 56 с.

4. *Гаврилюк Р. Н.* Материалы межвузовской научно-практической конференции студентов и аспирантов / Р. Н. Гаврилюк. — СПб.: СПГУВК, 2010.

5. *Румб В. К.* Основы проектирования и расчета судового валопровода / В. К. Румб. — 1996.

УДК 629.122

В. А. Шишкин,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

В. Н. Окунев,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АМФИБИЙНЫХ СУДОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ В СФЕРЕ ТУРИЗМА НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

PROSPECTS OF AMPHIBIOUS HOVERCRAFT TOURISM IN WATER TRANSPORT

На примере Санкт-Петербурга рассмотрены правовые аспекты и технические возможности внедрения амфибийных судов на воздушной подушке в сферу туризма на водном транспорте.

The legal aspects and technical feasibility of introducing amphibious hovercraft in the sphere of tourism in water transport are considered on the example of St. Petersburg.

Ключевые слова: туризм на водном транспорте, суда на воздушной подушке, амфибийные суда.
Key words: tourism in water transport, hovercraft, amphibious ships.

ЕЖЕГОДНО Санкт-Петербург посещают несколько миллионов российских и иностранных туристов. Являясь одним из красивейших городов мира, Санкт-Петербург с каждым годом расширяет направления реализации своего туристического потенциала.

По обилию вод Петербург занимает первое место среди городов Российской Федерации и одно из первых мест в мире. Река Нева, протекающая только в пределах города на протяжении 28 км, около 100 рек, речек, ручьев и проток, свыше 20 каналов общей протяженностью около 300 км.

По данным Ассоциации владельцев пассажирских судов, охватывающей порядка 90 % рынка водных перевозок, можно судить, что общий объем перевозок на рынке составил в 2009 г. 1,8 млн туристов. Однако туристические перевозки водным транспортом в Санкт-Петербурге все еще развиты недостаточно и значительно уступают европейским городам, имеющим подобный внутригородской водный потенциал. При этом в 2009 г. количество пассажиров на реках и каналах Санкт-Петербурга сократилось на 11 % по сравнению с 2008 г.

Среди основных факторов, сдерживающих развитие водного туризма в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, специалисты отмечают: отсутствие современной причальной (портовой) инфраструктуры для приема и обслуживания судов круизного и прогулочно-экскурсионного флота, туристских, прогулочных и спортивных яхт и катеров; плохое навигационное обеспечение;

отсутствие системы сопровождения необходимого уровня — аренды яхт, чартерного флота, специально подготовленных гидов для работы на круизных судах, специально разработанного экскурсионного наземного обслуживания для круизных судов, приемных зон.

Опыт последних лет использования водных пассажирских перевозок в Санкт-Петербурге показывает, что за навигацию этими услугами пользуются около полумиллиона пассажиров. При этом подавляющее большинство пассажиров, почти 400 тыс. перевозится скоростными судами проекта «Метеор» (пассажировместимость 116–117 человек), доставляющими петербуржцев и гостей города к причалам дворцово-паркового ансамбля «Петергоф», резиденции Президента России в Стрельне, г. Кронштадта.

Для повышения туристической привлекательности, улучшения транспортной доступности районов города и сокращения времени переездов, Правительством Петербурга два года назад разработана «Концепция развития водных пассажирских перевозок». В соответствии с ней небольшие скоростные катера должны ходить с интервалом в 10 минут при времени в пути 10–15 минут. Цена проезда — 50 рублей.

Необходимо отметить, что эти пассажироперевозки решают в первую очередь чисто транспортные задачи и не вполне соответствуют туристическим целям. Но их самым уязвимым местом является то, что они обеспечиваются водоизмещающими судами или судами на подводных крыльях, а поэтому неизбежно имеют сезонный характер. По этой причине эффективность водных пассажирских перевозок на судах такого типа не имеет масштабных экономических перспектив, в том числе в сфере туризма.

Ощутимый вклад в решение транспортных проблем города и расширение реализации туристического потенциала водный транспорт может внести в первую очередь на основе всесезонного применения амфибийных судов на воздушной подушке (АСВП). Для этого имеется достаточно развитая отечественная судостроительная база и конкретные примеры практической реализации пассажирских транспортных систем на основе использования АСВП.

В качестве примера можно привести скоростную переправу через Волгу Нижний Новгород–Бор–Нижний Новгород. Вот уже два года летом и зимой перевозки осуществляют суда на воздушной подушке “AiroJet 14” («Пегас 14») компании «Логопром» при стоимости проезда 80 руб.

Ежедневный пассажиропоток с 7:00 до 20:00 составляет 1,5–2 тыс. человек. За 2 года только на маршруте Нижний Новгород–Бор услугами компании воспользовались более 450 тыс. человек.

Скоростные АСВП курсируют в период ледостава и ледохода между российским Благовещенском и китайским Хэйхэ — городами на противоположных берегах р. Амур.

Схема салона рассматриваемого судна приведена на рис. 1.

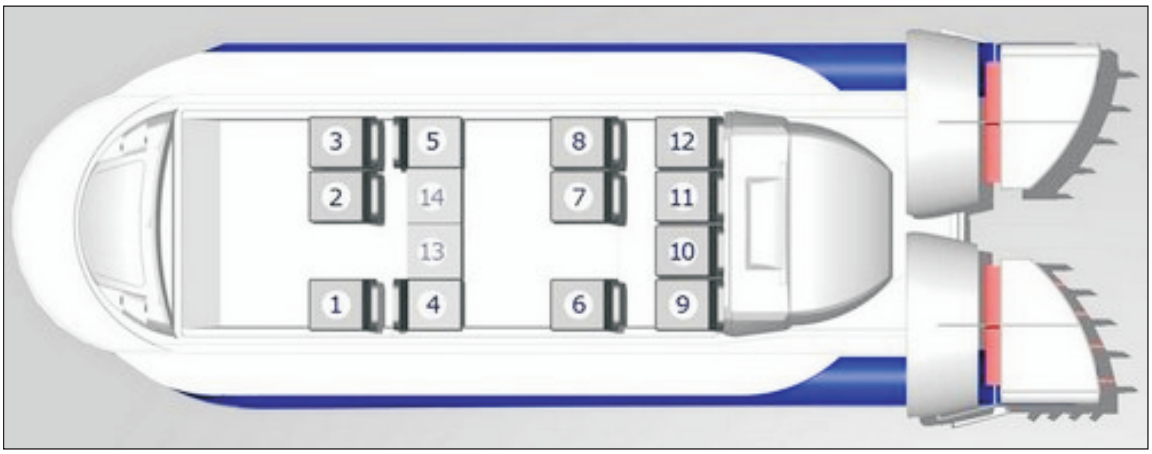


Рис. 1. Схема салона судна на воздушной подушке “AiroJet 14”

Среди преимуществ АСВП “AiroJet 14” производителем отмечаются:

— просторный и комфортабельный салон;

— возможность трансформирования суда в грузовое, пассажирское (14 сидячих и до 8 лежачих мест) и грузопассажирское силами двух человек в течение 15–30 минут;

— улучшенная запатентованная конструкция гибкого ограждения (даже в случае существенного разрыва судно легко продолжит движение);

— экономия топлива, увеличенная дальность хода, разворот на месте (благодаря эффекту быстрого выхода на режим за счет непропорционального отбора мощности вариатором и автоматической системе регулирования давления в подушке);

— дополнительные багажные отсеки;

— сдвижные двери и люк;

— специальные отбойники для уменьшения брызг на лобовом стекле и защиты от торосов;

— обогрев стекла для обеспечения идеальной обзорности в период ледостава и при движении по воде в морозную погоду.

Следует отметить, что стоимость судов типа “AiroJet” находится в пределах от 1,5 до 7 млн рублей, в зависимости от пассажировместимости. Например, 8-местный “AiroJet” стоит 2,1 млн рублей, 14-местный — 4,5, 20-местный — 6,9 млн рублей.

В табл. 1 проведено сравнение технических характеристик некоторых современных судов на воздушной подушке, предлагаемых на рынке.

Из данных табл. 1 видно, что в целом суда обладают хорошими мореходными и эксплуатационными качествами и вполне соответствуют требованиям, предъявляемым к судам такого типа применительно не только к рекреационному, но и к спортивному туризму. При этом благодаря высокой скорости становится реальной возможность сочетания загородного базирования по умеренным ценам с проведением обзорных и музейных экскурсий, а также с рыбной ловлей и пляжным отдыхом.

Приведенные выше примеры, а также анализ коммерческих предложений от производителей АСВП показывают, что проблемы обеспечения перевозчиков современными судами на воздушной подушке, пригодными для осуществления пассажирских перевозок, на сегодняшний день практически не существует.

Однако для практической реализации этих возможностей использования АСВП в сфере водного туризма применительно к Петербургу необходима поддержка правительства города, в частности для выполнения ряда условий в правовом аспекте, а именно необходимо:

1. Откорректировать «Правила пользования водными объектами для плавания на маломерных судах в Санкт-Петербурге», утвержденные Постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 18 сентября 2007 г. № 1165, в первую очередь, в части п.:

2.7. Скорость движения маломерных судов на водных объектах в Санкт-Петербурге не должна превышать 8 км/ч, а при прохождении мимо плавучих причалов и судов технического флота — 5 км/ч.

2.8. Пользование водными объектами в Санкт-Петербурге для плавания на водных мотоциклах (гидроциклах), скоростных маломерных судах (на подводных крыльях, на воздушной подушке) запрещается.

2. Переработать «Правила навигации по водоемам Санкт-Петербурга» с учетом технических возможностей не только водоизмещающих судов и судов на подводных крыльях, но и АСВП в направлении расширения масштабов их эффективного использования.

3. Разработать проект обустройства навигационной обстановки на водных коммуникациях города, обеспечивающей безопасность и эффективность использования всех видов плавсредств, включая АСВП.

4. Определить места посадки и высадки пассажиров АСВП и решить вопросы их обустройства с обеспечением максимальной совместимости с основными видами общественного пассажирского транспорта.

5. Определить формы и масштабы участия города и бизнес-сообщества в реализации водной системы пассажирских перевозок.

Таблица 1

Сравнение технических характеристик некоторых проектов судов на воздушной подушке

№ п/п	Параметры, ед. изм.	Рысь	Ирбис	Арго	СВП-500	Хивус-10	Airojet-4
1	Водоизмещение, т	10,0	11,0	2,6	1,2	1,67	1,1
2	Длина, м	15,1	17,5	8,5	6,9	7,55	5,48
3	Ширина, м	6,2	6,2	4	3,2	3,3	2,08
4	Высота, м	1,9	1,95	1,9	2,9	2,55	1,42
5	Осадка в водоизмещающем состоянии, м	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
6	Скорость хода, км/ч						
	по воде	65	60	75	60	70	80
	по снегу и льду	90	80	80	75	85	100
	по грунту	55	50	60	55	65	70
7	Мореходность (высота волны), м	2,0	1,5	1,2	1,0	1,0	0,5
8	Высота преодолеваемых препятствий, м	0,9	0,8	0,6	0,35	0,35	0,2
9	Ограждение воздушной подушки	двухъ-ярусная классич.	двухъ-ярусная классич.	двухъ-ярусная классич.	надувные скеги	надувные скеги	надувные скеги
10	Материал корпуса	сплав 1561	сплав 1561	сплав 1561	сплав 1561	сплав 1561	пластик
11	Тип движителя	возд. винт измен. шага	возд. винт измен. шага	возд. винт измен. шага	возд. винт фикс. шага	возд. винт фикс. шага	возд. винт фикс. шага
12	Экипаж, чел.	2	2	1	1	1	1
13	Пассажировмести-мость, чел.	16	32	9	5	8–10	3
14	Энергетическая установка	VM-MOTORI (дизель)	Deutz (дизель)	Ваз 2112	ЗМЗ-53	ЗМЗ-409	Rotax 912
15	Мощность энергетической установки, л/с	3 по 136	2 по 150	2 по 80	85	110	100

В заключение отметим, что для выполнения этих и других условий в первую очередь необходимо разработать технико-экономический проект создания водной системы пассажирских перевозок, а затем бизнес-план его реализации, что в целом не требует значительных интеллектуальных ресурсов и материальных затрат. Кроме того, необходимо решить целый ряд организационно-правовых вопросов, связанных с соблюдением пограничного и водоохранного режимов, медицинского и бытового обслуживания и т. д.

Однако можно с уверенностью считать, что эти организационные трудности носят временный характер и широкое применение амфибийных судов в рекреационном и спортивном секторах водного туризма является весьма перспективным направлением развития рынка туристических услуг не только в Санкт-Петербурге, но и во многих других регионах России.

Список литературы

1. Демешко Г. Ф. Проектирование судов. Амфибийные суда на воздушной подушке: в 2 кн. / Г. Ф. Демешко. — СПб.: Судостроение, 1992. — 329 с.

2. Колызаев Б. А. Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания / Б. А. Колызаев, А. И. Косоруков, В. А. Литвиненко. — Л.: Судостроение, 1980. — 472 с.

УДК 629.12.001

А. Г. Ляховицкий,
д-р техн. наук, профессор,
СПбМТУ;

А. И. Недошивин,
канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,
СПГУВК

СКОРОСТНЫЕ СУДА ДЛЯ ВОДНОГО ТУРИЗМА

HIGH-SPEED BOATS FOR WATER TOURISM

Рассмотрены история, тенденции развития скоростных судов, их использование для водного туризма. Проанализированы возможные направления совершенствования энергетических установок для туристских экранопланов.

A history, tendencies of development of high-speed boats, their use for boating are considered. Probable directions of perfection of power installations for tourist ekranoplans are analyzed.

Ключевые слова: высокоскоростное судно, туризм, морские круизы, энергетические установки для круизных судов.

Key words: high-speed boat, tourism, sea cruises, ship engines for cruise boats.

РАЗВИТИЕ транспортных средств характеризуется неуклонным увеличением их скоростей. Водный транспорт не является исключением. В настоящее время наблюдается интенсивное развитие скоростных судов (СС) различного назначе-

ния. Рост скоростей движения транспортных средств открывает новые возможности для туризма, в том числе и водного.

История развития морской и речной техники свидетельствует о том, что с античных времен судостроители осознали — увеличение скорости требует соответствующего увеличения затрат энергии. В Древнем мире увеличение скорости достигалось за счет увеличения числа гребцов (на современном языке — увеличением мощности энергетической установки судна) и эффективности судовых движителей за счет увеличения площади их гидравлического сечения — числа весел. Название кораблей Древнего мира связано с этими определяющими факторами. Такие корабли, как унирема (один ряд весел), бирема (два ряда весел), трирема (три ряда весел), квадрирема (четыре ряда весел), квинкверема (пять рядов весел), были реализованы до упомянутых в античной историографии гексер, гептер, октер, эннер и децерем (десять рядов весел), реализация которых сомнительна. Абсолютный рекорд античной историографии тессераконтера, то есть «сорокорядное судно». Такое судно абсурдно и свидетельствует о том, что проектирование скоростных судов с давних времен требовало принципиально новых подходов к совершенствованию гидродинамического комплекса и энергетических установок.

В настоящее время путь улучшения гидродинамического комплекса однокорпусных скоростных судов, основанный только на подборе оптимальных форм обводов для заданной скорости хода, считают в значительной степени исчерпанным. Дальнейшее совершенствование ходовых и мореходных качеств СС связано с реализацией ряда концепций. В современном судостроении наблюдается увеличение числа корпусов в подводной части (многокорпусные суда); применение средств управления гидродинамическими характеристиками несущих поверхностей, то есть снижение сопротивления движению судна, движущегося с произвольной скоростью; вывод корпуса из воды в менее плотную среду — воздух.

Требования к проектированию и конструкции современных СС — обеспечение экономичности, безопасности и комфортабельности судна. Эти качества очень важны для водного туризма.

Из анализа развития мирового рынка СС следует, что в настоящее время наблюдается интенсивное развитие СС различного назначения. Они используются как для перевозок пассажиров, в том числе туристов, так и контейнеров, автомобилей и т. д.

К настоящему времени в мировом судостроении сложилось большое многообразие архитектурно-конструктивных типов СС [1; 2, с. 19–22]. Основные типы можно систематизировать следующим образом:

— суда переходного режима движения ($1 < Fn_V \le 3$);

— однокорпусные суда;

— многокорпусные суда:

а) катамараны;

б) тримараны;

в) квадримараны;

г) пентамараны;

— СМПВ (суда с малой площадью ватерлинии), или SWATH;

— глиссирующие суда ($Fn_V > 3$);

— СПК (суда на подводных крыльях);

— СВП (суда на воздушной подушке);

— экранопланы.

Здесь в качестве безразмерной скорости для определения режима быстроходности использовано число Фруда по водоизмещению в виде

$$Fn_V = \frac{v}{\sqrt{g\sqrt[3]{V}}} = \frac{v}{\sqrt{g\sqrt[3]{\frac{D}{\rho}}}}, \qquad (1)$$

где v — скорость движения судна, м/с; V — объемное водоизмещение, м^3; D — массовое водоизмещение, т; ρ — плотность воды, т/м^3.

Многие из перечисленных типов СС используются или могут быть с успехом использованы для водного туризма.

В последние годы мировой рынок скоростных судов динамично развивается. Это рынок высокотехнологичной продукции. Каждый новый тип СС носит название «инновационного продукта». Инновационные подходы играют важную роль в проектировании СС. Требования последнего времени при создании нового архитектурно-конструктивного типа превращаются в использование разнообразных типов форм корпуса и специальных устройств.

В СССР скоростной порог в 75–100 и более узлов был достигнут созданием экранопланов (ЭК). Судно, развивающее такую скорость, поднято достаточно высоко над поверхностью воды, но находится в зоне действия экранного эффекта. ЭК — самые быстроходные водные транспортные средства. Их использование для водного туризма сочетает быстроту перемещения с удовлетворением острых ощущений для любителей экстремального туризма.

Область их использования для гражданских нужд весьма разнообразна, в том числе и в туристком бизнесе. ЭК — качественно новый вид водного транспорта. В 1980-х гг. в ЦКБ по СПК под руководством Р. Алексеева были выполнены эскизные разработки пассажирских речных и морских ЭК со средней скоростью хода 250–500 км/ч «Ракета-2» и «Метеор-2» соответственно на 60 и 120 человек. На ЭК предусматривалась специальная система стартово-посадочных устройств, обеспечивающая значительное снижение интенсивности контактов основных конструкций с водой, начиная с самых малых скоростей движения, за счет эффективного использования энергий струй «поддув под крыло» и системы гидродинамических элементов, в том числе гидролыж. Вышеуказанные предложения по созданию ЭК были отклонены из-за слишком высоких скоростей хода в речных условиях и неясности их эксплуатации при сложных метеорологических условиях.

Следующим этапом внедрения ЭК на речном транспорте было строительство небольшой серии судов типа «Волга», которые успешно эксплуатировались на Горьковском водохранилище и Волге. Однако после распада Советского Союза работы по созданию скоростного флота были прекращены. В настоящее время в России ведутся работы по созданию пассажирских ЭК различной вместимостью. Организатор программы серийной постройки ЭК типа ЭК-12 «Иволга» ЗАО «Старт ТРЕК» г. Омск.

Арктическая торгово-транспортная компания на базе испытательной станции ЦКБ по СПК выпускает небольшие ЭК «Аквaглайд-5». Планы у разработчиков большие: «Аквaглайд 30» — 30-местный, затем 50-, 60- и 200-местные класса «А». Опыт работы коллектива ЦКБ по СПК показал, что без создания надежной конвертированной винтомоторной установки успеха не добиться. Если для небольших ЭК эта проблема решается за счет применения автомобильных бензиновых или дизельных двигателей, то с ростом грузоподъемности возникают проблемы с энергетической установкой. Специфическими требованиями к энергетической установке ЭК являются:

— необходимо иметь значительный запас мощности (больше, чем у СПК) для обеспечения выхода судна на эксплуатационный режим экрана;

— удовлетворять требованиям по охране окружающей среды, в частности по уровню шума винтомоторной установки;

— массогабаритные показатели энергетической установки должны быть обоснованы экономическим расчетом;

— по сравнению с другими типами скоростных судов они должны иметь более высокие маневренные качества, особенно при аварийном торможении судна.

На рис. 1 приведена зависимость удельного сопротивления различных типов скоростных судов от относительной скорости (числа Фруда).

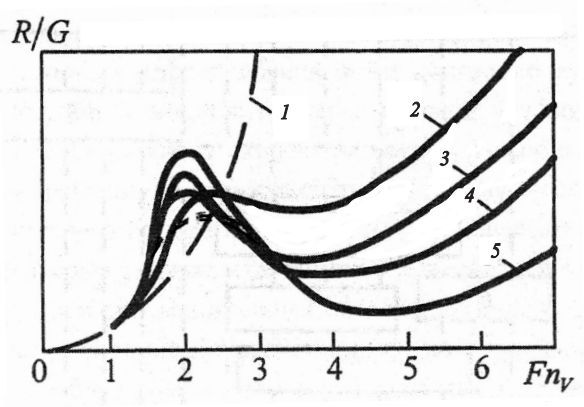


Рис. 1. Зависимости удельного сопротивления различных типов СС от относительной скорости:
1 — быстроходное водоизмещающее судно;
2 — глиссер; *3* — СПК; *4* — СВП;
5 — экраноплан

График позволяет произвести качественное сравнение потребной мощности для

различных типов скоростных судов. На малых скоростях ЭК уступают по гидродинамической эффективности быстроходным водоизмещающим судам. В области скоростей, соответствующих переходному режиму движения ($1< Fn_v < 3$) ЭК преодолевают «горб» сопротивления. Динамическая разгрузка, начиная с режима глиссирования $Fn_v > 3$, обеспечивает существенное снижение удельного сопротивления.

В табл. 1 приведены показатели некоторых типов СС. Анализируя данные таблицы для СС, следует отметить, что ЭК превосходит по энергоемкости транспортной работы (ЭТР), скорости хода, показателю по полезной нагрузке (П/D) другие типы судов. При этом у ЭК наибольшая удельная энерговооруженность.

На СС нашли широкое применение высокооборотные судовые дизели облегченной конструкции (удельной массой не более 3,0 кг/кВт). Недостатком этих двигателей является недостаточный моторесурс и отказы в эксплуатации. Увеличение массы дизеля приводит к снижению полезной грузоподъемности при повышении его надежности.

В табл. 1 приведены основные показатели некоторых типов скоростных судов.

Таблица 1

Основные показатели некоторых типов скоростных судов

Тип судна и его масса D, т	Название судна/ пассажир П, чел.	Скорость эксп./мах V, км/ч	Мощность эксп./мах (кВт), тип двигателя	ЭТР 3600 P_e/П·V, кДж/п.км	П/D	Движитель
СПК 14,3	Чайка 30	85/—	660/ дизель	847	0,209	Водомет
СПК 25	Ракета 66	60/70	600/ дизель	545	0,264	ГВ
СВК 195	Гермес 458	55/—	2×2950 дизель	843	0,235	2×ГВ
СВПск 14,2	Луч 51	44/—	382 дизель	613	0,359	Водомет
Экроноплан 3,7	Иволга 13-14	—/210	2×150	367	0,378	2×ВВ

Применение бензиновых авиационных и автомобильных двигателей желательно, но требует дополнительного согласования с Регистром применения бензина. Весьма привлекательно применение авиационных газотурбинных двигателей для ЭК, но следует учесть, что ГТД уступает дизелю по экономичности. Так, ГТД-1250 эксплуатационной мощностью 920 кВт имеет КПД 28 %, то есть расход топлива примерно 300 г/кВт · ч. Этот расход соответствует температуре воздуха, поступающего в двигатель, 15 ºС, при снижении температуры на каждые 10 ºС КПД увеличивается на 1 %, мощность — на 10 %. При повышении температуры на каждые 10 ºС КПД уменьшается на 1 %, мощность снижается на 10 %. При использовании на скоростных судах ГТД необходимо проводить экономический сравнительный анализ и принимать рентабельный вариант [3].

Среди перспектив применения ЭК его создатели рассматривают экстремальный туризм, в том числе скоростные рейсы на Северный полюс, в Гренландию и другие места Арктики [4, с. 9–16]. Благодаря высокой скорости движения, гибкости возможного использования ЭК представляют интерес для водного туризма.

Список литературы

1. *Ляховицкий А. Г.* Основы проектирования скоростных судов / А. Г. Ляховицкий. — СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2009.

2. *Ляховицкий А. Г.* Скоростные пассажирские суда: проектные характеристики и тенденции развития / А. Г. Ляховицкий, Йин Тхун // Морской вестник. — 2008. — Июнь. — № 2 (26).

3. *Недошивин А. И.* Главные энергетические установки скоростных судов / А. И. Недошивин // Безопасность водного транспорта: тез. докл. конф. / СПГУВТ. — СПб., 2003. — Т. 3.

4. *Маскалик А. И.* Экранопланы — транспорт XXI века / А. И. Маскалик // Судостроение. — 2002. — № 5.

УДК 330.34; 330.35/ ГРНТИ 06.52.13

Т. И. Малышева,
ст. преподаватель,
СПбГМТУ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

DEVELOPMENT PROSPECTS OF PASSENGER SHIPBUILDING IN RUSSIA

В статье анализируются перспективы возможности экономического развития пассажирского судостроения в России. Особое внимание уделено его историческому развитию. Выделено мнение о пассажирском судостроении как сложной и противоречивой проблеме. Отмечена роль ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» в дальнейшем развитии пассажирского судостроения. Проанализирована Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России на 2010–2015 годы».

In the article prospects of possibility of economic development of passenger shipbuilding in Russia are analyzed. The special attention is given for its historical development. There is allocated an opinion on passenger shipbuilding, as a difficult and inconsistent problem. The role of Open Society "Incorporated shipbuilding corporation" in the further development of passenger shipbuilding is noted. The Federal target program "Development of transport system of Russia (2010–2015)" is analyzed.

Ключевые слова: эффективность, лизинг, пассажирский флот, судостроительное предприятие, конкурентоспособность, федеральная целевая программа, целесообразность.

Key words: effective strength, leasing, passenger fleet, shipbuilding corporation, competitive strength, Federal Target Program, practicality.

ПРИ СОКРАЩЕНИИ состава российского пассажирского флота, а также условиях роста спроса населения на транспортно-круизные услуги перспектива экономического развития пассажирского судостроения является актуальной и сложной проблемой в России. Несмотря на очевидную необходимость дальнейшего его развития, решение этой проблемы сдерживается рядом объективных и субъективных причин.

Прежде всего следует отметить отсутствие достаточной базы пассажирского судостроения. Для этого обратимся к его истории.

Послевоенный опыт строительства пассажирского судна типа «Киргизстан» был успешным, однако он не получил дальнейшего развития. Отечественное пассажирское судостроение ограничивается строительством паромов для переправ и судов местного назначения, на которых не требуется обеспечения развитой системы общественного и каютного комфорта для пассажиров. Одним из аргументов существования такой практики является

тенденция специализации в судостроении. Другими словами, целесообразнее специализироваться на уже освоенном строительстве грузовых судов, экспортировать их, а на приобретенные средства, например, заказывать и строить пассажирские суда на зарубежных верфях. Однако в условиях, когда пароходства не имели возможности заказывать новые суда за счет собственных прибылей и целиком зависели от централизованных ассигнований, строительство пассажирского флота после 1975 г. стало значительно отставать от растущего спроса населения на транспортно-круизные услуги.

Получив хозяйственную самостоятельность в условиях получения внебюджетных средств, пароходства при современном уровне мировых цен на судостроительную продукцию воздерживались от вложения крупных денежных средств в строительство пассажирских судов. Проблема состояла в том, что при строительстве пассажирского судна на зарубежных верфях окупаемость капиталовложений в нормативные сроки часто являлась проблематичной. Реализация транспортных услуг при каботажном сообщении по внутренним ценам не обеспечивает эффективной компенсации расходов, включающих амортизацию основных фондов флота, построенного по ценам мирового судостроения.

Говоря о возможностях отечественного судостроения, можно отметить, что капиталоемкие конструктивные группы — корпус и судовая энергетическая установка — могут строиться на отечественных заводах, а оборудование и отделка пассажирских помещений могут осуществляться, например, на зарубежных верфях Европы. Опыт такого поэтапного строительства пассажирских круизных судов имеется за рубежом.

Другой проблемой развития пассажирского флота является то, что, осуществляя размещение и строительство пассажирских судов на зарубежных верфях, российский морской флот не имеет постоянной строительной базы в этой области. Суда для Минморфлота в советское время строились на верфях ГДР, Югославии, Франции, Финляндии, ПНР. Каждая смена верфи обусловливала издержки «первого опыта». В 1958–1964 гг. имелся положительный опыт размещения заказов на строительство пассажирских судов на верфи им. М. Тезена в Висмаре (ГДР). Однако после завершения строительства судов серии «Михаил Калинин» и «Иван Франко» сотрудничество с верфью прекратилось, верфь переориентировалась на строительство других типов судов.

Частая смена верфей в 1970-е гг. явилась одной из причин недостаточного учета условий эксплуатации тех бассейнов, для которых строились суда. В результате этого новые суда, построенные в условиях динамического роста мировых судостроительных цен, оказались экономически менее эффективными, чем суда постройки 1960-х гг. В зарубежном судостроении рост контрактных цен сопровождался пропорциональным ростом коммерческих возможностей судов, развитием надстроек и расширением номенклатуры помещений благодаря использованию легких сплавов и сокращению грузовой функции.

На большинстве судов, построенных по заказу Минморфлота, рост контрактных цен значительно опережал рост коммерческих возможностей судов. Так, суда проекта В-492 (типа «Дмитрий Шостакович») отвечали по своей концепции уровню судостроения начала 1970-х гг., а пополнение флота этими судами осуществлялось в 1980–1987 гг.

Таким образом, основными проблемами комплексного развития пассажирского флота являются обеспечение постоянной строительной базы, участие отечественных судостроительных предприятий в строительстве судов, учет социально-экономической роли сферы водного туризма и перспективности круизной формы эксплуатации при обосновании состава и типов новых судов, привлечение финансовых средств российских и зарубежных организаций, заинтересованных в строительстве и использовании специализированных пассажирских судов [5].

Такие проблемы складывались в течение всего исторически-экономического развития гражданского судостроения в России и являются актуальными и в наше время.

В 2009 г. в Красноярске для работы в бассейне р. Енисей прибыли 4 пассажирских скоростных теплохода проекта А45-1, постро-

енные по заказу Правительства Красноярского края на Зеленодольском судостроительном заводе (Республика Татарстан).

Теплоход проекта А45-1 — это высокоскоростное судно глиссирующего типа с автоматически управляемым движительным комплексом. Все суда этого проекта рационально сочетают высокую скорость хода (75 км/ч), топливную экономичность, дальность плавания и обитаемость.

Конечно, на многих направлениях Сибири, Дальнего Востока, северных регионов европейской части страны речной пассажирский флот остается до настоящего времени и останется в обозримой перспективе безальтернативным.

Увеличение перевозок туристов по внутренним водным путям России возможно только при наличии на этих маршрутах комфортабельных, отвечающих современным требованиям судов. Эта проблема судоходными компаниями в основном решается путем модернизации уже существующего флота. По строительству новых пассажирских судов реалии таковы, что на ряде российских судостроительных заводов при поддержке государства в ближайшие годы может быть возобновлено серийное строительство лишь судов небольшого водоизмещения и вместительности, в основном для местных, пригородных и внутригородских транспортных и экскурсионно-прогулочных маршрутов, а также скоростных судов на воздушной подушке и катеров амфибийного типа.

Только на Московском судостроительном заводе в советские времена было построено для работы в речных бассейнах пассажирских водоизмещающих судов типа «ОМ» 103 ед., типа «МО» 190 ед., типа «Москва» 261 ед. Большинство судов типа «Москва» эксплуатируются на местных перевозках пассажиров и прогулочных маршрутах и в настоящее время, причем возможности использования многих из них после переоборудования расширились.

Сложное финансовое положение большинства судоходных компаний, еще более усугубившееся кризисом, не позволит им начать обновление этого флота, однако для тех судовладельцев, которые посчитают возможным построить новые пассажирские суда, целесообразно дальнейшее действие Постановления Правительства РФ от 22 мая 2008 г. № 383 «Об утверждении Правил предоставления субсидий российским транспортным компаниям и пароходствам на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях в 2008–2010 годах на закупку гражданских судов, изготовленных на российских верфях, а также лизинговых платежей по договорам лизинга, заключенным в 2008–2010 годах с российскими лизинговыми компаниями на приобретение гражданских судов, изготовленных на российских верфях».

Однако даже в СССР, с его мощной судостроительной базой, кроме пароходов в 1950-е гг., незначительного количества пассажирских теплоходов 2–3 проектов, строительство речных пассажирских водоизмещающих судов для работы на транзитных транспортных маршрутах не производилось. Сомнительно, что даже в достаточно отдаленном будущем может быть начато строительство в России конкурентоспособных судов такого типа взамен устаревающих, построенных за рубежом 50–40 лет назад. Современные пассажирские суда с повышенным уровнем комфортности по-прежнему строят в Европе, в частности в Германии, однако стоимость такого судна река–море плавания пассажировместимостью около 250 человек составляет 40 млн евро, что вряд ли в условиях действующего российского законодательства позволит какому-либо судовладельцу, даже самому успешному, при исключительно благоприятных условиях кредитования иностранных банков реализовать проект приобретения такого судна [4].

По мнению некоторых аналитиков наш круизный флот пока ждет только покупка «бывших в употреблении» иностранных пассажирских судов.

По мнению же, например, генерального директора ОАО «Казанское речное пассажирское агентство» (КРПА) А. М. Бабурина, чем старее судно, тем больше в него вкладывается средств, экономически выгоднее построить новое, чем содержать старое. «Но сегодня мы имеем порочный круг. Перевозчики не в

состоянии оплатить постройку судна, соответственно их не производят. Те же, кто готов профинансировать строительство, говорят, что деньги будут, но сначала дайте нам "потрогать" готовое судно, а построить судно не на что», — говорит Александр Михайлович [1].

Наш сегодняшний пассажирский флот можно назвать «малым» флотом России.

ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» (ОСК) разработала очень интересную и перспективную стратегию развития малого флота.

В рамках Федеральной целевой программы (ФЦП) «Развитие транспортной системы России на 2010–2015 годы» (подпрограмма «Внутренний водный транспорт») специалисты ОСК провели кропотливую работу по следующим направлениям: проектирование и строительство обстановочных, служебно-вспомогательных и патрульных судов, а также дноуглубительной техники [3]. Примечательно, что о строительстве пассажирских судов нигде в этой подпрограмме напрямую речь не идет.

Лишь в самом начале документа одной из целей данной ФЦП является обновление парка транспортных средств, состава морского и речного флота.

В связи с этим хочется обратить особое внимание на другую подпрограмму данной ФЦП «Морской транспорт», которая предусматривает значительное пополнение морского транспортного флота при увеличении общего тоннажа морского транспортного флота под российским флагом почти в два раза.

В целях обеспечения транспортного обслуживания отдаленных районов страны подпрограмма предусматривает строительство транспортных судов различного назначения, в том числе и пассажирских судов на 150 пассажиров для использования на Дальнем Востоке и в Черноморском бассейне.

Подпрограммой намечено также строительство грузопассажирского судна для обеспечения сообщения Командорских островов и г. Северо-Курильска с г. Петропавловском-Камчатским. Запланированы мероприятия по строительству скоростных пассажирских судов (морское такси) [6].

По данным доклада «Состояние и перспективы развития транспортного флота России на фоне мирового судостроения» от 14 февраля 2011 г. д-ра техн. наук, генерального директора ЗАО «ЦНИИМФ» В. И. Пересыпкина, суммарный объем капиталовложений, необходимых для строительства судов морского транспортного флота, составит 191,4 млрд рублей. Все транспортные суда должны быть построены за счет внебюджетных источников.

Из общего количества пополнения морского транспортного флота можно выделить пополнение транспортных и пассажирских судов для работы на социально значимых маршрутах (16 пассажирских судов и 7 паромов).

Минтранс России совместно с Минпромторгом России, ОСК, а также с участием ведущих судоходных компаний, союзов и ассоциаций российских судовладельцев разработал проект комплексного федерального закона «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с реализацией мер по поддержке российского судостроения и судоходства».

Данный законопроект направлен на создание и реализацию комплексных экономических и нормативно-правовых условий в области судостроения и судоходства по трем укрупненным направлениям:

— реализация предложений по повышению эффективности работы действующих и строительства новых судостроительных предприятий России;

— реализация предложений по повышению эффективности функционирования Российского международного реестра судов;

— реализация предложений по расширению сферы действия Российского международного реестра судов на суда внутреннего водного транспорта, построенные на российских судостроительных предприятиях после 1 января 2010 г. и используемые в каботаже.

В составе законопроекта в части поддержки отечественного судостроения подготовлены следующие предложения.

Например, создание в рамках промышленно-производственных особых экономических зон, предусмотренных Федеральным законом от 22 июля 2005 г. № 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации», специальной разновидности этих зон

сроком на 20 лет, резидентами которых являются российские судостроительные организации.

Для этих целей предлагается внести изменения в ряд статей (4, 5, 10, 12 и 37) этого закона, которыми наряду с введением отдельно выделенной категории резидентов промышленно-производственных особых экономических зон — судостроительных организаций предусмотрено отнесение к ведению Правительства Российской Федерации определение видов деятельности, осуществляемое резидентами этих зон, а также скорректированы положения, касающиеся ограничений в части правового статуса образующих территорию зоны земельных участков, их принадлежности и территориального расположения.

Предусматривается, что резиденты промышленно-производственных особых экономических зон смогут воспользоваться как существующими таможенными и налоговыми преференциями, так и вновь вводимыми путем внесения дополнений в Налоговый кодекс Российской Федерации в части инвестиционного налогового кредита, освобождения от оплаты НДС, налога на землю, налога на имущество, водного налога, пошлин и НДС на ввозимое оборудование для модернизации производства и постройки судов, применения нелинейного метода начисления амортизации и установления налога на прибыль 6 %.

Вносимые законопроектом изменения в Федеральный закон «Об особых экономических зонах в Российской Федерации» и в Налоговый кодекс РФ направлены на формирование реального механизма развития и модернизации действующих и строительства новых российских судостроительных предприятий.

В настоящее время процесс согласования законопроекта с заинтересованными министерствами и ведомствами практически завершен. Имеющиеся замечания Минфина и Минэкономразвития России практически сняты, за исключением льготы по уплате страховых взносов в социальные фонды для судостроителей. Предлагается не полностью освободить судостроительные предприятия от уплаты страховых взносов в социальные фонды, а принять компромиссный вариант: величину страховых взносов установить на уровне 15–20 % при действующей ставке в 34 % [2].

Принятие данного законопроекта может дать импульс в том числе и в решении вопросов о целесообразности развития пассажирского судостроения в России.

Список литературы

1. *Латыпов Т.* Река должна работать. Это диктует география Татарстана / Т. Латыпов // Время и деньги. — Казань, 2010. — 16 апр. — Вып. 67–68 (3261–3262).

2. *Пересыпкин В. И.* Состояние и перспективы развития транспортного флота России на фоне мирового судостроения: материалы к докл., 14 февраля 2011 г., Санкт-Петербург / В. И. Пересыпкин.

3. *Птичкин С.* Флот нового поколения / С. Птичкин // Российская газета. — М., 2010. — 24 нояб. [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.rg.ru/2010/11/24/sudostroenie-site.html

4. *Редькин А. Д.* Когда речной транспорт станет доступным? / А. Д. Редькин // Морские вести Росси. — 2010. — Вып. 10.

5. Материалы сайта www.sea.infoflot.ru

6. Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)» [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://fcp.vpk.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2012/264/

УДК 658.511:656.13

Л. Э. Мамедова,
аспирант, ст. преподаватель,
СПбГМТУ

СПОСОБЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

WAYS OF EFFECTIVE USE OF SHIPBUILDING ENTEPRISE RESOURCES

В статье предпринята попытка формирования методологии критериального показателя в системе управления эффективностью использования ресурсов в условиях конкуренции. Рассмотрена совокупность приемов и методов, успешность реализации которых демонстрируется изменением цикла постройки и себестоимостью постройки, большую часть которых составляют затраты, связанные с оплатой труда.

In article attempt of formation of methodology of a parametrical indicator in a control system of efficiency of use of resources in the conditions of a competition is undertaken. The set of methods success of realization of which, is shown by change of a cycle of construction and the construction cost most part of which is made by expenses connected with payment is considered.

Ключевые слова: производительность, конкурентоспособность, эффективность, судостроение, управление, инвестирование, продолжительность цикла строительства.

Key words: productivity, competitiveness, efficiency, shipbuilding industry ,management, investment, duration of a construction cycle.

В РЫНОЧНОЙ экономике длительность строительства судна имеет важное значение для его конкурентоспособности. Это объясняется многими причинами. Например, цикличность развития рыночной экономики определяет сокращение сроков строительства, чтобы транспортное судно осуществляло перевозку груза в фазе подъема мировой торговли для обеспечения бизнесу наибольшей прибыли или перспективы интенсивного развития водного туризма.

Финансирование строительства такого дорогостоящего объекта, как судно, связано с отвлечением значительных ресурсов и их замораживанием. Сокращение сроков строительства снижает сроки окупаемости инвестиционных затрат заказчика и повышает прибыльность его деятельности. Именно поэтому фактор длительности цикла строительства судна является конкурентозначимым на рынке гражданской судостроительной продукции.

Анализ любой системы предполагает определение критериального показателя оценки ее состояния и перечня налагаемых ограничений. Процесс выбора показателя — субъективный, что подтверждено многолетними исследованиями [1–3; 9; 10], в которых осуществлялась попытка найти единый показатель, который по влиянию на управленческую деятельность выступал бы в качестве философского камня. Это обстоятельство обусловлено высокой неопределенностью и имманентной изменчивостью среды существования системы, для автора — среды хозяйствования. Большинство авторов сходится в том, что понятие «эффективность» есть отношение результатов деятельности к затратам на осуществление этой деятельности. Однако нет единого мнения по способу определения результатов и затрат. Например, в ряде работ для измерения степени достижения хозяйственных целей системы предлагается считать производительность труда одним из емких показателей оценки эффективности. Так, в своей работе М. Портер, обосновывая идею важности ценовой конкуренции, отметил: «Единственная разумная концепция конкурентоспособности на национальном уровне — это производительность…»; «Производительность — это объем выпуска продукции, производимый единицей затраченного труда или капитала…»;

«…национальные компании должны постоянно повышать производительность в существующих отраслях посредством… повышения эффективности производства…» [11].

По определению, данному крупным ученым в работе [11], следует заметить:

1. Производительность — это частное от деления результатов (объема производства) на трудоемкость или капитал. Следовательно, существуют по крайней мере два концептуально равных знаменателя. Заметим, что в отечественной практике деление на величину капитала для оценки производительности не использовалось.

2. Мера производительности не тождественна эффективности. По мнению Портера, рост производительности есть необходимое и достаточное условие роста эффективности. По нашему мнению, это утверждение может быть справедливо только при уточнении способа расчета производительности труда.

3. Исход конкурентной борьбы определяется эффективностью производства и дружественностью институциональных условий, а это достигается не только ростом производительности труда.

Априори количественное измерение затрат труда, с необходимостью которого согласны все практикующие управленцы, сталкивается с проблемой определения объема результатов деятельности. Выбор должен быть осуществлен между натуральным показателем (единиц морской техники и т. п.), объемными показателями (объем производства в рублях) или условно-натуральными показателями. Выбор одной из мер определяет не только область дальнейшего использования: от локального использования до использования на макроуровне, но и информационную значимость для принятия управленческого решения. При однотипной по структуре трудозатрат продукции (например, в добывающих отраслях) используют натуральные показатели для выражения объемов производства. Этот вид показателей обладает необходимой и достаточной информацией для сравнения различных переделов, сопоставления по различным периодам и сравнения различных предприятий отрасли. То есть натуральные измерители имеют сквозное применение, позволяющее использовать его на всех уровнях для управления производительностью труда.

По мере усложнения номенклатуры продукции и существенного изменения структуры затрат выпускаемой продукции в середине XX в. пришлось отказаться от использования натуральных измерителей и заменить их на стоимостные. Это резко снизило значимость получаемых результатов для целей управления. Была утеряна возможность корректного сравнения предприятий между собой, и показатель позволял в лучшем случае делать заключение о тренде происходящих изменений на макроуровне.

В качестве «ассиметричного ответа» в отечественном судостроении появились условно-натуральные показатели, которые могли иметь внутриотраслевое хождение (брутто-регистровый тоннаж). Этот показатель мог быть использован для оценки производственной мощности судостроительного предприятия — индикативного показателя, который не мог считаться корректным при расчете эффективности производства при строительстве конкретного судна. Условно-натуральные показатели пытались использовать для определения производительности труда, но безуспешно.

Именно по причине необходимости **учета меры труда** для целей управления стали использовать в различных видах производств различные измерители: длина трубопровода, мощность и тип двигателя, масса корпуса и т. п. Эти усредненные показатели не могли обладать необходимой точностью, они были созданы и поддерживались внутризаводской статистикой, которая консервировала недостаточный организационный уровень производства (что было, то и будет) и не побуждала к мероприятиям по снижению трудоемкости.

Для целей ранжирования судостроения в Европе Совет по судостроению при Европейской организации по сотрудничеству и развитию разработал метод приведения натуральных измерителей объема судостроительной продукции к сопоставимому виду. «В основу метода была положена система коэффициентов, отражающих отношение удель-

ной трудоемкости 1 BRT судна данного класса и размера к удельной трудоемкости 1 BRT судна-эталона, в качестве которого выбрано универсальное сухогрузное судно дедвейтом 10 тыс. т. Полученный измеритель получил обозначение CGT — Compensated Gross Tonn, или "компенсированная брутто-регистровая тонна"» [8, с. 94–95].

Это попытка возрождения на новом качественном уровне натуральных показателей, которым не следует приписывать возможности, помимо тех, которые для них были определены при рождении. Рассмотрение этого показателя для управления процессами совершенствования предприятия позволяет сделать вывод: производительность труда — индикативный показатель, который не может быть использован для управления (как непрерывного, скользящего процесса). Показатель производительности труда прекрасен в процессе мировоззренческих описаний рациональных путей развития систем. Однако методологические проблемы его расчета в судостроении ограничивают область его возможного применения. Даже корректное внутриотраслевое сравнение по этому показателю осложнено тем, что не существует двух абсолютно одинаково строящих суда верфей, контрагентских поставщиков и т. д. Например, о производственных системах. Российские судостроительные заводы полного профиля осуществляют полное изготовление корпуса и полный цикл монтажа оборудования, достройки и сдачи. На верфях Японии активно используют схему аутсорсинга. Верфь является только местом сборки конструкций, блоков, модулей, которые поставляются с иных предприятий. Это существенно меняет и трудоемкость, и циклы, которые регистрируются по различным реперным точкам. Полученные результаты нельзя сравнивать не только у различных предприятий, но и внутри предприятия в различные периоды.

Очевидно, что показатель имеет ряд недостатков, но на сегодняшний день компенсированная тонна — единственный показатель, который характеризует объем судостроительной продукции с поправкой на трудоемкость производства и потому позволяет сопоставлять результаты работы верфей по всему миру. Сопоставить позволяет, но управлять эффективностью на конкретном проекте только с использованием этого показателя **нельзя**.

К основным факторам, влияющим на величину эффективности производственной системы, можно отнести: технический и организационный уровни, достигнутые предприятием, последний включает в себя рациональность управления, уровень специализации, концентрации и тому подобное, а также уровень компетентности персонала, то есть качества трудовых ресурсов. Последний фактор стал доминирующим при обсуждении перспектив модернизации высокотехнологичных отраслей.

Возвращаясь в проблеме выбора системы показателей для оценки эффективности производства, можно констатировать:

1. Что содержание показателя производительность схоже с содержанием показателя эффективность (то есть отношение определенного результата к затратам). Однако методология расчета этого показателя не позволяет эффективно использовать его для целей оценки эффективности использования капитала при строительстве заказа, то есть эффективности создания добавленной стоимости.

2. Автор не полностью разделяет точку зрения, изложенную в работе [8], что снижение трудоемкости (технической) линейно ведет к росту производительности труда и сокращению цикла постройки. На наш взгляд, снижение трудоемкости есть условие необходимое, но недостаточное для сокращения цикла постройки. И самостоятельно не решает проблемы повышения эффективности, конкурентоспособности судостроительного производства.

3. На наш взгляд производительность труда, которая базируется на расчете трудоемкости — это статический показатель (в том смысле, что это результат на определенный момент за прошлый период). При существующей практике его расчета он показывает выработку на единицу одного, частного, авансированного ресурса. Полученный результат не позволяет судить о том, какими ресурсами все был достигнуто. Именно поэтому областью использования показателя является скорее управление обновлением оборудования

для выполнения технологических операций.

Еще одним показателем, традиционно существовавшим в судостроении, является уровень абсолютных затрат. Естественным является осуществление мероприятий по минимизации затрат всех видов ресурсов — трудовых, материальных, финансовых, энергетических и тому подобных на единицу продукции. Уже упоминалось, что целый ряд факторов, порожденных институциональной средой (проценты по кредитным ресурсам, налоги, таможенные пошлины и т. д.), также влияет на величину затрат и эффективность. Затраты, которые осуществляет судостроительное предприятие, можно разделить на затраты, используемые на приобретение прошлого труда, и затраты, осуществляемые для создания новой стоимости. Доля результатов прошлого труда в себестоимости судов и кораблей различного типа может колебаться и достигать 60 % у кораблей и 45 % у сложных судов. Эту часть затрат образует навигационное оборудование, вооружение, системы навигации и обнаружения, энергетическое оборудование и тому подобное, то есть та часть затрат, на которую предприятие влияния не оказывает. Значительно большими возможностями обладает предприятие при осуществлении затрат по оплате труда, привлекаемого капитала, осуществлении расходов, которые называются накладными, формирования начислений и выплате налоговых платежей. Однако абсолютная величина затрат — информативный, очевидный, но статичный показатель. Он не отражает динамику осуществления затрат и не регистрирует взаимозависимость этого процесса от динамики получения выгод. Динамика использования ресурсов не только существенно меняет финансовый цикл, но приводит и к иным финансовым результатам.

Рыночная стоимость гражданского судна — эта та минимальная цена, по которой покупатель может купить судно с аналогичными потребительскими свойствами. А цена, как фактор конкурентоспособности производства, связана со способностью верфи обеспечить требуемую себестоимость.

В нескольких работах, посвященных вопросам повышения эффективности судостроительного производства [7; 8; 10], утверждается следующее: «…Элиминировав воздействие макроэкономических факторов и приведя к сопоставимому виду условия платежей (от равномерной оплаты затрат платежами по частичной готовности до кредитования заказчика в объеме до 80 % строительной стоимости судна), можно утверждать, что *поле ценовой конкуренции* на рынке гражданских судов почти полностью перекрывается областью колебания двух составляющих:

— плата за кредитные ресурсы, потребленные для формирования оборотных средств;

— оплата труда,

или в терминах ресурсной эффек-тивности производства — областью дисперсии показателей использования двух важнейших авансированных, наиболее динамичных ресурсов — трудовых и финансовых» [3; 9; 10].

Нет сомнений в том, что в судостроении которое характеризуется очень большой долей ручного труда, бóльшую долю затрат составляют затраты на оплату труда.

Можно сделать следующее заключение, что вывод о полной зависимости себестоимости от оплаты труда достаточно «очевиден и доказательство его не представляет ни методических, ни информационных затруднений. Как временные (продолжительность цикла, сроки платежей), так и финансовые (полная строительная стоимость, сумма отдельных платежей, условия кредита) показатели сопоставимы не только для фирм одной страны, но и на международном уровне, так как информация о них достаточно прозрачна, а методический инструментарий отработан практически до совершенства» [3; 10].

По нашему мнению, сказанное буквально справедливо, но из этого не следует, что эффективность производства может быть определена посредством доли затрат на оплату труда в себестоимости. Оценка затрат на оплату труда в различных странах различна. Эти данные представляют серьезную коммерческую тайну, которая пре-вращается в серьезную методологическую проблему. В официальной калькуляции статья «За-

работная плата производственных рабочих» на отечественных верфях составляет 9–10 % от себестоимости судна, в то время как в публикуемых данных по зарубежным верфям обобщающий показатель «трудовые затраты» достигает 39–42 %. При этом показатель «заработная плата» оценивается величиной от 15 (Южная Корея) до 25 % (Северная Европа) себестоимости судна. Такой разброс свидетельствует не только о различиях в достигнутом «уровне производительности труда» и различных ставках заработной платы, но и о несопоставимости систем учета и отчетности [6].

При фактически сложившейся структуре промышленно-производственного персонала на отечественных верфях на каждого основного производственного рабочего приходится 0,8–0,9 вспомогательных рабочих и 0,9–1,0 руководителей, специалистов, служащих. Их основная заработная плата составляет соответственно 35–40 и 45–50 % от заработной платы основных рабочих. Если извлечь эти затраты из статей цеховых и общезаводских накладных расходов и РСЭО, даже пренебрегая прочими мелкими статьями, прямо или косвенно связанными с заработной платой, и рассчитать суммарный фонд оплаты труда (зарплатоемкость) на строительство судна, то он составит уже 19–20 % от себестоимости продукции. Этим, однако, влияние издержек на заработную плату, на стоимость судна и конкурентоспособность предприятия не ограничивается [4, с. 36–39; 5].

В отличие от остальных калькуляционных статей, заработная плата решающим образом влияет на налогообложение предприятия. В первую очередь это касается налога на добавленную стоимость. Добавленная стоимость, если несколько огрубить формулировку, есть сумма заработной платы и прибыли. При сложившейся системе налогов (ставка НДС равна 18 %) и минимальном уровне рентабельности гражданской судостроительной продукции объем заработной платы формирует порядка 80–90 % НДС, что соответствует 3,5 % себестоимости или 3,4 % цены судна.

К этому следует добавить и проценты за кредиты, необходимые для оплаты НДС на незавершенное производство, которое можно оценить в 1,0–1,2 % себестоимости судна.

Кроме того, фонд оплаты труда является базовым показателем для расчета выплат в государственные внебюджетные фонды, которые соответствуют 7,2 % себестоимости. Таким образом, затраты по калькуляционной статье «Заработная плата» и сопряженные с ней статьи затрат формируют минимум 28,5 % себестоимости судна (или около 32 % его цены), поглощая при этом свыше половины балансовой прибыли.

На наш взгляд, если исходить из того, что основным фактором ценовой конкуренции, на которую может повлиять предприятие, есть изменение затрат оплаты трудовых ресурсов, то это самоочевидно. Но может ли этот показатель стать основой для оценки эффективности производственного процесса, использования капитала, да еще с учетом того, что фактор времени не рассматривается вообще? Это индикативный показатель, созданный для ранжирования, но не для управления процессом повышения эффективности использования ресурсов.

Нет оснований считать, что при постройке аналогичного судна, даже при неизменности таких показателей, как процентные ставки, но при ином варианте использования ресурсов, построечных мест площадей, величина затрат на оплату труда не изменится. Конечно, это приведет к изменению показателя трудозатрат на единицу, но только как индикативный показатель postfactum.

Работа в рыночных условиях принципиально изменила значимость финансового менеджмента в иерархии систем управления. Именно в финансовой области фиксируется результат деятельности. Объектом финансового менеджмента является совокупность условий обеспечения движения (кругооборота) стоимости, а характерной особенностью формируемых оценочных показателей стал фактор времени.

Возможности, связанные с повышением эффективности судостроительного предприятия, могут быть ранжированы по величине инвестиций и скорости получения результата, и в этом случае наиболее перспективным является их использование для эффективного

использования трудовых ресурсов и оборотных средств.

Показатели себестоимости и оборачиваемости не исчерпывают всех возможностей по оценке эффективности использования в проекте капитала. По степени внимания к сопровождению инвестиций поведение инвесторов может быть пассивным или активным. Пассивное вложение не предполагает участия инвестора в работе по обеспечению эффективности вложений. Активное инвестирование прежде всего в венчурный (рискованный) капитал, как правило, сопровождается инвестором, которого в первую очередь интересует не только цикл производственного процесса и абсолютная величина ресурсов, но и динамика движения ресурсов. Оценку последнего можно получить в результате использования динамических показателей оценки.

Конкурентоспособность в использовании капитала в значительной мере связана с возможностью управлять циклом, не только сокращать, но и увеличивать для повышения доходности производства при допустимом уровне риска. Здесь следует обратить внимание на авторские оттенки представления о понятии «конкурентоспособность». Это не состязание с соседями «по мировому цеху», но состязание между вариантами использования капитала, которые возможны в рамках конкурирующих производственных систем. Автор исходит из допущения, что рост доходности при различных вариантах организации работ по заказу приведет к росту доходности по предприятию в целом. Хотя корректность этого утверждения нуждается в дополнительных исследованиях.

Решение проблемы управления эффективностью связано с серьезной в методическом отношении и значительно меньше разработанной проблемой эффективности использования трудовых ресурсов [2]. Управление эффективностью — это совокупность приемов и методов, успешность реализации которых демонстрируется изменением цикла постройки и себестоимостью постройки, бóльшую часть которых составляют затраты, связанные с оплатой труда, что убедительно доказано в работе [8]. На наш взгляд, основные методологические проблемы связаны с существованием конфликтов между локальными целевыми функциями подсистем и двумя заявленными показателями «время» и «стоимость».

Список литературы

1. *Алехин М. Ю.* Методологические основы эффективной организации производственных процессов в условиях экономики переходного периода: на примере трансп. судостроения: дис. … д-ра экон. наук / М. Ю. Алехин; СПбГМТУ. — СПб., 1994. — 269 с.

2. *Бреслав Л. Б.* Человеческий капитал: организация и эффективность накопления в условиях рынка труда / Л. Б. Бреслав, Б. С. Лисовик, И. Е. Ломова. — СПб.: ПФП, 2002. — 161 с.

3. *Волостных В. В.* Экономическая сущность, критерии и показатели эффективности производства / В. В. Волостных.— Л.: Из-во ЦНИИ «Румб», 1981. — 167 с.

4. *Исаев А. А.* Обоснование стоимости постройки судов / А. А. Исаев, Ю. И. Поляков, А. И. Руднев // Судостроение. — 2003. — № 4.

5. *Клопов А. Е.* Моделирование трудовых затрат в процессе согласования контрактных цен на суда на мировом рынке: дис. … канд. экон. наук / А. Е. Клопов; СПбГМТУ. — СПб., 1998. — 165 с.

6. *Мамедова Л. Э.* Конкурентоспособность судостроительного предприятия / Л. Э. Мамедова // Кораблестроительное образование и наука–2005: материалы регион. науч.-техн. конф. / СПбГМТУ. — СПб.

7. *Маркарьян Э. А.* Методика анализа показателей эффективности производства / Э. А. Маркарьян, Г. П. Герасименко. — Ростов н/Д: МарТ, 2001. — 206 с.

8. *Перелыгин А. В.* Конкурентоспособность верфи: взгляд экономиста / А. В. Перелыгин // Морской вестник. — 2004. — № 2.

9. *Петухов Р. М.* Оценка эффективности промышленного производства (методы и показатели) / Р. М. Петухов. — М.: Экономика, 1990. — 95 с.

10. *Петухов Р. М.* Управление повышением эффективности производства в отрасли / Р. М. Петухов, В. В. Волостных. — М.: Экономика, 1979. — 236 с.

11. *Портер М.* Конкуренция: пер. с англ. / Р. М. Петухов. — М.: ИД Вильямс, 2001. — 495 с.

ЖУРНАЛ университета водных коммуникаций

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.8

А. П. Ныpков,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

Т. В. Дмитриева,
аспирант,
Котласский филиал ФГОУ ВПО «СПГУВК»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕЗЕРВИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕЕ РАБОТЫ

MATHEMATICAL MODEL OF THE RESERVING SYSTEM AND THE OPTIMIZATION OF ITS WORK

В статье представлено описание и математическая модель обслуживающих систем, способных резервировать поступающие в них заявки на обслуживание с точки зрения теории массового обслуживания, а также предложены пути оптимизации таких систем и повышения эффективности их работы.

The article represents the description and mathematical model of service systems which are able to reserve the incoming service applications from the point of view of the theory of mass service. Also the ways of optimization of such systems and the increase of their efficiency have been suggested.

Ключевые слова: обслуживающая система, резервирующая система, математическая модель системы, фазы обслуживания, резервирующая модель речного порта, сезонность, потоки требований (заявок), оптимизация.

Key words: service system, reserving system, mathematical model of the system, service phases, reserving model of the river port, seasonal prevalence, flow of applications, optimization.

РАССМОТРИМ математическую модель особого класса обслуживающих систем, способных резервировать поступающие требования на обслуживание. К такому типу систем относится, например, речной порт Европейского Севера России, который в зависимости от сезона (период навигации и межнавигационный период) имеет принципиальные отличия в формах организации своей работы. В связи с сезонностью работ, выполняемых с участием водного транспорта, возникает необходимость направлять работу порта не только на удовлетворение запросов по оказанию определенных транспортных услуг в настоящее время, но и позаботиться о возможности получать доход в межнавигационные периоды. Для этого необходимо планировать работу по заготовке грузов, требуемых круглогодично.

Подобные системы должны включать в себя по крайней мере две обслуживающие фазы. Пусть входящий в систему поток требований подчинен некоторому закону распределения с интенсивностью $\lambda_1(t)$. На первой фазе обслуживания обработкой требований заняты n_1 каналов обслуживания, которые в результате своей работы формируют с интенсивностью $\mu_1(t)$ промежуточный резерв заявок, ожидающих дальнейшей обработки каналами второй фазы системы.

На второй фазе системы работает n_2 обслуживающих канала, которые обрабатывают поток требований интенсивностью $\lambda_2(t)$. В результате работы второй фазы системы формируется выходящий поток обслуженных требований интенсивностью $\mu_2(t)$.

В результате работы первой фазы система формирует промежуточный пункт пребывания (резерв) частично обслуженных требований. Так, например, в речном грузовом порту в качестве входящего потока требований можно рассмотреть прибывающий

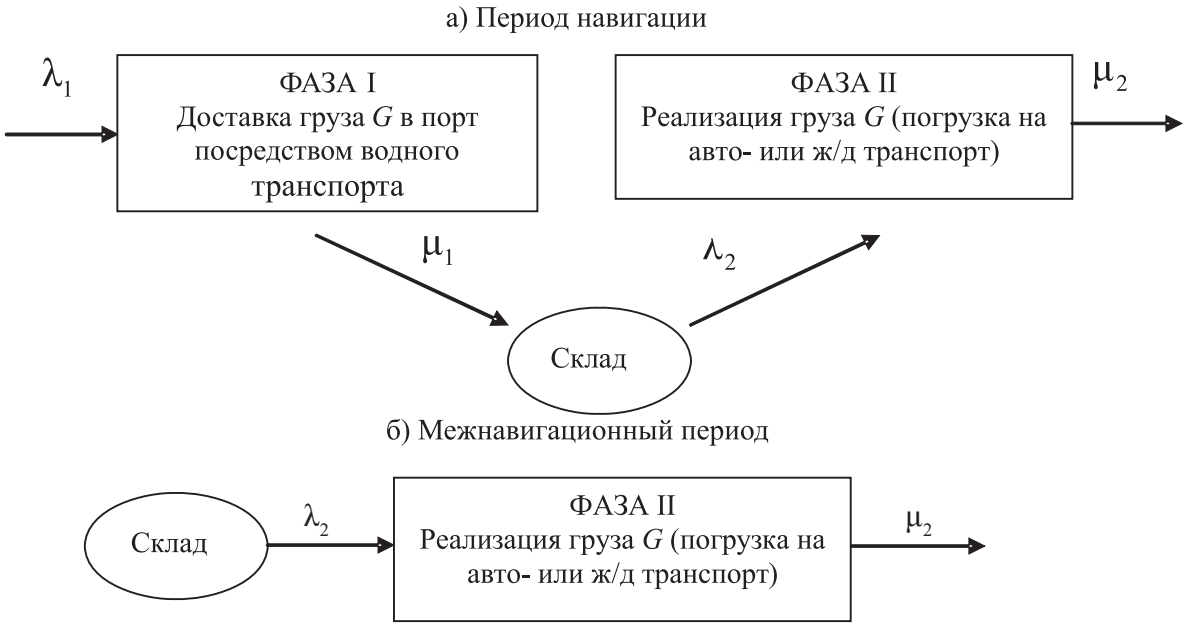


Рис. 1. Схема работы перегрузочного комплекса речного порта с учетом сезонности

поток судов, доставляющих некий груз *G*. На первой фазе обслуживания груз *G* перемещается с судов на территорию порта (склад) до возникновения необходимости в отгрузке его непосредственно потребителям. Таким образом, формируется резерв груза *G* и имеется возможность для функционирования второй фазы системы обслуживания (рис. 1).

В случае бездействия первой фазы (межнавигационный период) пополнение резерва прекращается и обслуживание на второй фазе (отгрузка потребителю груза *G*) возможно только за счет накоплений в резерве.

Для упрощения расчетов предположим, что входящий в систему поток требований на обслуживание является простейшим с интенсивностью λ_1. Продолжительность обслуживания одного требования есть величина случайная, распределенная по экспоненциальному закону с параметром μ_1. На первой фазе системы работает в среднем $\overline{n}_1$ каналов обслуживания, которые формируют резерв с интенсивностью $\mu_1 \cdot \overline{n}_1$. Требования, поступившие в момент, когда обслуживанием заняты все каналы первой фазы, встают в очередь.

Предельные вероятности состояний системы на первой фазе обслуживания могут быть найдены как для многоканальной системы с неограниченной очередью по формулам

$$\begin{cases} P_k = \dfrac{\alpha^k}{k!} \cdot P_0, \qquad k = \overline{1, n_1}; \\ P_{n_1+m_1} = \dfrac{\alpha^{n_1+m_1}}{n_1^{m_1} \cdot m_1!} \cdot P_0, \quad m_1 = 1, 2, 3, \ldots; \\ P_0 = \left(1 + \alpha + \dfrac{\alpha^2}{2!} + \ldots + \dfrac{\alpha^{n_1}}{n_1!} + \dfrac{\alpha^{n_1+1}}{n_1!(n_1 - \alpha)}\right)^{-1}. \end{cases}$$

Здесь P_k — вероятность того, что в системе находится k заявок на обслуживание; m_1 — число заявок в очереди, ожидающих обслуживания каналами первой фазы системы; $\alpha = \dfrac{\lambda_1}{\mu_1}$ — приведенная интенсивность потока заявок на первой фазе.

Основные параметры фазы I могут быть найдены из следующих соотношений:

— относительная пропускная способность: $g_1 = 1$, так как все поступающие в систему требования рано или поздно будут обслужены;

— абсолютная пропускная способность: $A_1 = \lambda_1 g_1 = \lambda_1$;

— среднее число требований в очереди: $\overline{m}_1 = \dfrac{\alpha^{n_1+1}}{n_1 \cdot n_1!(1 - \alpha/n_1)^2} \cdot P_0$;

— среднее время ожидания: $\bar{t}_{o1} = \frac{\bar{m}_1}{\lambda_1}$;

— среднее число занятых каналов: $\bar{n}_1 = \frac{A_1}{\mu_1} = \frac{\lambda_1}{\mu_1} = \alpha_1$.

Все эти формулы имеют смысл только тогда, когда выполняется соотношение: $\frac{\alpha_1}{n_1} < 1$. В этом случае очередь не будет расти бесконечно и существует установившийся режим работы первой фазы системы.

Рассмотрим работу второй фазы обслуживающей системы. Работа каналов второй фазы возможна лишь тогда, когда имеется заявка, обслуженная первой фазой и находящаяся «в резерве». Если такой заявки нет, то каналы второй фазы обслуживания простаивают, а вместе с ними в состоянии ожидания находятся «потребители», получающие заявки на выходе системы.

Заметим, что в системах, аналогичных речному порту, на заключительной фазе обслуживания входящим будет иной поток требований. Так, в речном порту, где на заключительной фазе происходит отгрузка некого груза *G* с территории склада, входящим потоком будут прибывающие от потребителя единицы автомобильного и железнодорожного транспорта. Поэтому в случае отсутствия резерва груза потребители получают отказ в обслуживании, погрузчики простаивают и порт не получает доход от реализации груза *G*. Это значит, что подобная ситуация невыгодна всей системе и время пребывания с нулевым резервом необходимо свести к минимуму.

При наличии резерва фаза II может быть рассмотрена аналогично фазе I как многоканальная система с ожиданием со своими параметрами и соответствующими характеристиками.

Пусть поток требований на обслуживание (получение груза) распределен по закону Пуассона и λ_2 — среднее количество груза в сутки, необходимое потребителю. Продолжительность обслуживания для каждого из n_2 каналов есть величина случайная, распределенная по экспоненциальному закону с параметром μ_2. Тогда параметры второй фазы системы могут быть найдены аналогично подобным параметрам фазы I.

Вероятности состояний фазы II:

$$\begin{cases} P_r = \dfrac{\beta^r}{r!} \cdot P_0, \qquad r = \overline{1, n_2}; \\ P_{n_2+m_2} = \dfrac{\beta^{n_2+m_2}}{n_2^{m_2} \cdot m_2!} \cdot P_0, \quad m_2 = 1, 2, 3, \ldots; \\ P_0 = \left(1 + \beta + \dfrac{\beta^2}{2!} + \ldots + \dfrac{\beta^{n_2}}{n_2!} + \dfrac{\beta^{n_2+1}}{n_2!(n_2 - \beta)}\right)^{-1}. \end{cases}$$

Здесь P_r — вероятность того, что во второй фазе системы находится *r* заявок на обслуживание; m_2 — число заявок в очереди, ожидающих обслуживания каналами второй фазы системы; $\beta = \frac{\lambda_2}{\mu_2}$ — приведенная интенсивность потока заявок на второй фазе.

Относительные параметры фазы II могут быть найдены из следующих соотношений:

— относительная пропускная способность: $g_2 = 1$, так как все поступающие в систему требования рано или поздно будут обслужены;

— абсолютная пропускная способность: $A_2 = \lambda_2$;

— среднее число требований в очереди: $\bar{m}_2 = \frac{\beta^{n_2+1}}{n_2 \cdot n_2!(1 - \beta/n_2)^2} \cdot P_0$;

— среднее время ожидания: $\bar{t}_{o2} = \frac{\bar{m}_2}{\lambda_2}$;

— среднее число занятых каналов: $\bar{n}_2 = \beta_2$.

Все эти формулы имеют смысл только тогда, когда выполняется соотношение: $\frac{\beta_2}{n_2} < 1$. В этом случае очередь не будет расти бесконечно и существует установившийся режим работы второй фазы системы.

Рассмотрим способ оптимизации резервирующей системы. Для первой и второй фаз резервирующей системы возможны потери от ожидания обслуживания. Потери от ожидания обслуживания могут проявляться различным образом: штраф и пени за то, что

требование не поступило вовремя на канал обслуживания; дополнительные текущие затраты; потери качества продукции; удорожание технологии; уменьшение объема производимой продукции и т. д.

Если в качестве критерия принять суммарные потери системы в единицу времени, то одна из возможных постановок частной оптимизационной задачи будет такой: определить число каналов обслуживания, при котором суммарные потери от простоев в единицу времени минимальны:

$$C = \sum_i \left(C_{\text{o}.i} \cdot \overline{m}_i + C_{\text{pr}.i} \cdot \overline{n}_{\text{pr}.i}\right),$$

где $C_{\text{o}.i}$ — потери от ожидания в очереди, приходящиеся на одно требование в единицу времени на i-й фазе обслуживания; $C_{\text{pr}.i}$ — потери от простоя каналов i-й фазы, приходящиеся на один канал обслуживания в единицу времени; $\overline{m}_i$ — среднее число требований в очереди на i-й фазе обслуживания; $\overline{n}_{\text{pr}.i}$ — среднее число простаивающих каналов обслуживания на i-й фазе обслуживания, вычисляемое по формуле

$$\overline{n}_{\text{pr}.i} = n_i - \overline{n}_i.$$

Таким образом, одним из путей повышения эффективности работы резервирующих систем является отыскание такого количества обслуживающих каналов для каждой фазы системы, чтобы соотношение среднего числа требований, ожидающих обслуживания в очереди, и среднего числа незанятых каналов, простаивающих из-за отсутствия заявок на обслуживание, было оптимальным. Кроме того, необходимо учитывать, что в случае отсутствия резерва между первой и второй фазами обслуживания система также терпит убытки из-за простоя каналов второй фазы и необходимостью давать отказ на обслуживание требований, поступающих на вторую фазу системы.

Список литературы

1. *Алехин М. Ю.* Применение теории массового обслуживания для решения производственных задач / М. Ю. Алехин [и др.]. — Л.: ЛКИ, 1989.

2. *Волков И. К.* Случайные процессы: учеб. для вузов / И. К. Волков, С. М. Зуев, Г. М. Цветкова; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. — 448 с.

3. *Савин В. И.* Математические методы оптимального планирования работы флота и портов / В. И. Савин. — М.: Транспорт, 1969. — 168 с.

4. *Джейсуол Н.* Очереди с приоритетами / Н. Джейсуол; пер. с англ. И. С. Нефедовой и В. С. Манусевича; под ред. В. В. Калашникова. — М.: Мир, 1973. — 280 с.

5. Исследование операций в экономике: учеб. пособие для вузов / Н. Ш. Кремер [и др.]; под ред. Н. Ш. Кремера. — М.: ЮНИТИ, 2002. — 407 с.

ЖУРНАЛ университета водных коммуникаций

УДК 539.3: 519.95

Р. А. Абдикаримов,
канд. техн. наук, доцент,
Ташкентский финансовый институт;

Д. П. Голоскоков,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЯЗКОУПРУГИХ ПЛАСТИН ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

NUMERICAL RESEARCH OF NONLINEAR FLUCTUATIONS OF VISCOELASTIC PLATES OF THE VARIABLE THICKNESS

В статье рассматривается задача о нелинейных колебаниях вязкоупругой пластины переменной толщины. Получена разрешающая система интегродифференциальных уравнений задачи. Численное решение строится методом Бубнова–Галеркина с последующим применением квадратурных формул для аппроксимации интегралов. Рассмотрен числовой пример со слабо сингулярным ядром наследственности Колтунова–Ржаницына.

In the article a problem of nonlinear fluctuations of a viscoelastic plate of a variable thickness is considered. The resolving system of the integrodifferential equations of a problem is received. The numerical decision is constructed by Bubnov–Galerkin's method with the subsequent application of quadrature formulas for approximation of integrals. The numerical example with weak singular kernel of heredity Koltunov–Rzhanitsyn is considered.

Ключевые слова: нелинейные колебания, вязкоупругость, пластина переменной толщины, интегродифференциальные уравнения, квадратурные формулы.

Key words: nonlinear fluctuations, viscoelasticity, a plate of a variable thickness, the integrodifferential equations, quadrature formulas.

Введение. Тонкостенные элементы конструкции, отформованные из композиционных материалов, могут иметь переменную толщину, увеличенную в местах, где требуется дополнительная жесткость или прочность, и уменьшенную там, где достаточно одной тонкой пластинки или оболочки. Толщина материала определяется максимальным значением напряжений, которые должен выдержать какой-либо участок элемента конструкций. Следовательно, исследования напряженно-деформированного состояния элементов конструкций летательных аппаратов, судов, различных сооружений с учетом переменности толщины являются актуальными.

В данной работе с помощью численного метода [1, с. 3–13] дается решение задачи о нелинейных колебаниях вязкоупругой пластинки с плавно изменяющейся толщиной, которая задается единой формулой во всей области изменения переменных. Решение реализуется на алгоритмическом языке Delphi.

1. Постановка задачи. Рассмотрим вязкоупругую изотропную прямоугольную пластинку ($0 \le x \le a$, $0 \le y \le b$), с переменной толщиной, изменяющейся по линейному закону в направлении Ox (рис. 1). Пусть пластина нагружена поперечной нагрузкой q. Зависимость закона изменения толщины задается в следующем виде: $h(x) = h_0 (1 - \alpha^* x)$, где h_0 — толщина пластинки, при $x = 0$, α^* — параметр, характеризующий переменность толщины; соответствующий профиль приведен на рис. 2.

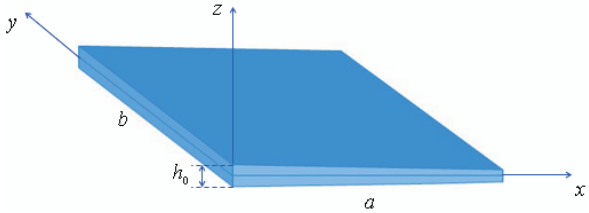


Рис. 1. Вязкоупругая прямоугольная пластина с переменной толщиной

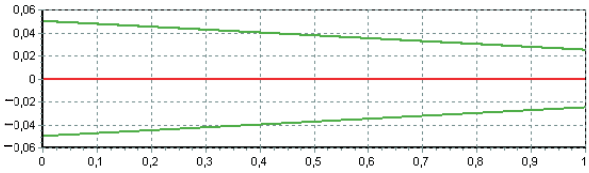


Рис. 2. Профиль пластины вдоль оси *Ox* при $\alpha^* = 0.5$

В общем случае граничные условия могут быть любыми, будем рассматривать граничные условия шарнирного опирания по контуру:

$$w\big|_{x=0,a} = 0,\ \left.\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right|_{x=0,a} = 0,$$
$$w\big|_{y=0,b} = 0,\ \left.\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right|_{y=0,b} = 0, \qquad (1)$$

где w — функция нормального прогиба пластины.

2. Математическая модель. Перейдем к построению математической модели задачи о нелинейных колебаниях изотропной вязкоупругой пластинки с переменной толщиной, с учетом геометрической нелинейности в рамках кинематической гипотезы Кирхгоффа–Лява.

Физическую зависимость между напряжениями σ_x, σ_y, τ_{xy} и деформациями ε_x, ε_y, γ_{xy} примем в интегральном виде [2; 3]:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2}\left(1-\Gamma^*\right)\left(\varepsilon_x + \mu\varepsilon_y\right),\ (x \leftrightarrow y),$$
$$\sigma_{xy} = \frac{E}{2\left(1+\mu\right)}\left(1-\Gamma^*\right)\varepsilon_{xy}, \qquad (2)$$

где E — модуль упругости; μ — коэффициент Пуассона; Γ^* — интегральный оператор с ядром релаксации $\Gamma(t)$: $\Gamma^*\varepsilon = \int_0^t \Gamma\left(t-\tau\right)\varepsilon\left(\tau\right)d\tau$; t — время наблюдения; τ — предшествующее моменту наблюдения время; символ $(x \leftrightarrow y)$ указывает, что остальные соотношения получаются круговой подстановкой индексов.

Связь между деформациями ε_x, ε_y, γ_{xy} и перемещениями u, v, w в срединной поверхности по направлениям x, y, z имеет вид [4]

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2;\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2;$$
$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x}\frac{\partial w}{\partial y}. \qquad (3)$$

Изгибающие и крутящие моменты элемента пластинки примем в виде [2; 4]:

$$M_x = -D\left(1-\Gamma^*\right)\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right),\ (x \leftrightarrow y),$$
$$H = -D\left(1-\mu\right)\left(1-\Gamma^*\right)\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}, \qquad (4)$$

где $D = \dfrac{Eh^3\left(x,\,y\right)}{12\left(1-\mu^2\right)}$ — переменная цилиндрическая жесткость пластинки.

Уравнения движения элемента вязкоупругой изотропной пластинки имеет следующий вид [4]:

$$\frac{\partial N_x}{\partial x} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial y} - \rho h\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0,$$
$$\frac{\partial N_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial N_y}{\partial y} - \rho h\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0,$$
$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} + 2\frac{\partial^2 H}{\partial x \partial y} + \frac{\partial}{\partial x}\left(N_x\frac{\partial w}{\partial x} + N_{xy}\frac{\partial w}{\partial y}\right) +$$
$$+ \frac{\partial}{\partial y}\left(N_{xy}\frac{\partial w}{\partial x} + N_y\frac{\partial w}{\partial y}\right) + q - \rho h\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0, \qquad (5)$$

Здесь N_x, N_y и N_{xy} — усилия, отнесенные к единице длины сечения пластинки [4].

Если процесс рассматривается без учета распространения упругих волн, то система уравнений (5) упрощается. Становится возможным отбросить инерционные члены в первых двух уравнениях. Эти два уравнения будут удовлетворяться, если ввести функцию напряжений Ф в срединной поверхности по формулам [4]

$$\sigma_x = \frac{N_x}{h} = \frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2},\ \sigma_y = \frac{N_y}{h} = \frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2},$$
$$\tau_{xy} = \frac{N_{xy}}{h} = -\frac{\partial^2\Phi}{\partial x \partial y}.$$

Кроме того, используем известное уравнение совместности деформаций [4]

$$\frac{\partial^2\varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varepsilon_y}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\gamma_{xy}}{\partial x \partial y} = \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}\right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2},$$

в котором выразим деформации в срединной поверхности через усилия, а те, в свою очередь, — через функцию напряжений Ф. В результате получим уравнение

$$\frac{1}{E}\left(\frac{\partial^4\Phi}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4\Phi}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4\Phi}{\partial y^4}\right)=$$

$$=\left(1-\Gamma^*\right)\left\{\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x\partial y}\right)^2-\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right\}$$

Окончательно вместо трех уравнений (5) будем иметь следующие два уравнения типа Кармана:

$$\left(1-\Gamma^*\right)h^3\left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right)+$$

$$+3\left(1-\Gamma^*\right)\left[2h\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^2+h^2\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}\right]\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\mu\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)+$$

$$+6\left(1-\Gamma^*\right)h^2\frac{\partial h}{\partial x}\left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^3}+\frac{\partial^3 w}{\partial x\partial y^2}\right)+$$

$$+6\left(1-\Gamma^*\right)h^2\frac{\partial h}{\partial y}\left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3}+\frac{\partial^3 w}{\partial x^2\partial y}\right)+$$

$$+3\left(1-\Gamma^*\right)\left[2h\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right)^2+h^2\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}\right]\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\mu\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)+$$

$$+6\left(1-\mu\right)\left(1-\Gamma^*\right)\left[2h\frac{\partial h}{\partial x}\frac{\partial h}{\partial y}+h^2\frac{\partial^2 h}{\partial x\partial y}\right]\frac{\partial^2 w}{\partial x\partial y}=$$

$$=\frac{12\left(1-\mu^2\right)}{E}\left[h\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}+h\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}-\right.$$

$$\left.-2h\frac{\partial^2 w}{\partial x\partial y}\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\partial y}\right]+\frac{12\left(1-\mu^2\right)}{E}q-$$

$$-\frac{12\left(1-\mu^2\right)}{E}\rho h\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}=0,$$

$$\frac{1}{E}\left(\frac{\partial^4\Phi}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4\Phi}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4\Phi}{\partial y^4}\right)=$$

$$=\left(1-\Gamma^*\right)\left\{\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x\partial y}\right)^2-\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right\}. \qquad (6)$$

Таким образом, задача о нелинейных колебаниях вязкоупругих изотропных пластин с переменной толщиной в геометрически нелинейной постановке сводится к системе интегродифференциальных уравнений в частных производных вида (6) при соответствующих начальных и граничных условиях.

3. Дискретная модель и метод решения. Решение системы нелинейных интегродифференциальных уравнений в частных производных, полученной в предыдущем пункте, при различных граничных условиях и при наличии слабо сингулярных ядер наследственности вызывает значительные математические трудности. Поэтому для построения дискретной модели рассматриваемой задачи используем метод Бубнова–Галеркина.

Решение уравнения (6) с учетом граничных условий (1) будем искать в виде

$$w=\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}w_{mn}(t)\psi_{mn}(x,y),$$

$$\Phi=\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\Phi_{mn}(t)\chi_{mn}(x,y), \qquad (7)$$

где $\psi_{mn}(x,y)=\sin\frac{m\pi x}{a}\sin\frac{n\pi y}{b}$,

$\chi_{mn}(x,y)=\sin\frac{m\pi x}{a}\sin\frac{n\pi y}{b}$.

Подставляя (7) в уравнение (6) и выполняя процедуру Бубнова–Галеркина, получим следующую систему уравнений:

$$\frac{12\left(1-\mu^2\right)\rho h}{E}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}c_{klmn}\ddot{w}_{mn}+\left(1-\Gamma^*\right)\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}f_{klmn}w_{mn}=$$

$$=12\left(1-\mu^2\right)\sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N}g_{klmnrs}w_{mn}\Phi_{rs}+12\left(1-\mu^2\right)q_{kl},$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}a_{1klmn}\Phi_{mn}=\sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N}a_{2klmn}w_{mn}w_{rs}, \qquad (8)$$

$w_{mn}(0)=w_{0mn}$, $\dot{w}_{mn}(0)=\dot{w}_{0mn}$;

$k=1, 2, ..., M$; $l=1, 2, ..., N$,

где

$$c_{klmn}=\int_0^a\int_0^b h\psi_{mn}\psi_{kl}\,dxdy,$$

$$f_{klmn}=\int_0^a\int_0^b\left\{h^3\left(\psi^{IV}_{mn,xxxx}+2\lambda^2\psi^{IV}_{mn,xxyy}+\lambda^4\psi^{IV}_{mn,yyyy}\right)+\right.$$

$$+6h\left(h'_x\right)^2\left(\chi''_{mn,xx}+\lambda^2\mu\chi''_{mn,yy}\right)+$$

$$\left.+6h^2h'_x\left(\chi'''_{mn,xxx}+\lambda^2\chi'''_{mn,xyy}\right)\right\}dxdy,$$

$$g_{klmnrs} = \int_0^a \int_0^b \left[h\psi''_{mn,xx}\chi''_{rs,yy} - 2h\psi''_{mn,xy}\chi''_{rs,xy} + \right.$$

$$\left. + h\psi''_{mn,yy}\chi''_{rs,xx}\right]\psi_{kl}\,dxdy, \quad q_{kl} = q\int_0^a \int_0^b \psi_{kl}\,dxdy,$$

$$a_{1klmn} = \int_0^a \int_0^b \left(\chi^{IV}_{mn,xxxx} + 2\lambda^2\chi^{IV}_{mn,xxyy} + \right.$$

$$\left. + \lambda^4\chi^{IV}_{mn,yyyy}\right)\chi_{kl}\,dxdy,$$

$$a_{2klmnrs} = \int_0^a \int_0^b \left(\chi''_{mn,xy}\chi''_{rs,xy} - \chi''_{mn,xx}\chi''_{rs,yy}\right)\chi_{kl}\,dxdy.$$

Введя в систему (8) следующие безразмерные величины $\frac{w}{h_0}$, $\frac{x}{a}$, $\frac{y}{b}$, $\frac{h}{h_0}$, $\lambda = \frac{a}{b}$, $\frac{\Phi}{Eh_0^2}$, $\frac{q}{E}\left(\frac{b}{h_0}\right)^4$ и сохраняя прежние обозначения, относительно неизвестных $w_{mn} = w_{mn}(t)$, $\Phi_{mn} = \Phi_{mn}(t)$, получим

$$\frac{1}{\eta}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} c_{klmn}\ddot{w}_{mn} + \left(1-\Gamma^*\right)\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} f_{klmn}w_{mn} =$$

$$= 12\left(1-\mu^2\right)\lambda^2\sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} g_{klmnrs}w_{mn}\Phi_{rs} + 12\left(1-\mu^2\right)\lambda^4 q_{kl},$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} a_{1klmn}\Phi_{mn} = \lambda^2\sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} a_{2klmn}w_{mn}w_{rs}, \qquad (9)$$

$$w_{mn}(0) = w_{0mn}, \quad \dot{w}_{mn}(0) = \dot{w}_{0mn};$$

$k = 1, 2, ..., M;\ \ l = 1, 2, ..., N,$

где $\eta = \frac{1}{4\pi^4\lambda^4}$.

Интегрирование системы (9) выполнялось с помощью численного метода, предложенного в [1; 5, с. 867–871]. Интегрируя полученную систему (9) два раза по t, можно записать ее в интегральной форме:

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} c_{klmn}w_{mn} = \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} c_{klmn}\left(w_{0mn} + \dot{w}_{0mn}t\right) -$$

$$-\eta\int_0^t\int_0^t\left\{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left(1-\Gamma^*\right)f_{klmn}w_{mn} - \right.$$

$$\left. -12\left(1-\mu^2\right)\lambda^2\sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} g_{klmnrs}w_{mn}\Phi_{rs} - 12\left(1-\mu^2\right)\lambda^4 q_{kl}\right\}d\tau d\tau,$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} a_{1klmn}\Phi_{mn} = \lambda^2\sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} a_{2klmn}w_{mn}w_{rs}, \qquad (10)$$

$$w_{mn}(0) = w_{0mn}, \quad \dot{w}_{mn}(0) = \dot{w}_{0mn};$$

$k = 1, 2, ..., M;\ \ l = 1, 2, ..., N.$

Или, заменяя двойной интеграл одинарным, систему (10) можно переписать в следующем виде:

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} c_{klmn}w_{mn} = \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} c_{klmn}\left(w_{0mn} + \dot{w}_{0mn}t\right) -$$

$$-\eta\int_0^t (t-\tau)\left\{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left(1-\Gamma^*\right)f_{klmn}w_{mn} - \right.$$

$$\left. -12\left(1-\mu^2\right)\lambda^2\sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} g_{klmnrs}w_{mn}\Phi_{rs} - 12\left(1-\mu^2\right)\lambda^4 q_{kl}\right\}d\tau,$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} a_{1klmn}\Phi_{mn} = \lambda^2\sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} a_{2klmn}w_{mn}w_{rs}, \qquad (11)$$

$$w_{mn}(0) = w_{0mn}, \quad \dot{w}_{mn}(0) = \dot{w}_{0mn};$$

$k = 1, 2, ..., M;\ \ l = 1, 2, ..., N.$

Следующим этапом численного метода является регуляризация системы нелинейных интегродифференциальных уравнений (11) с сингулярным ядром Колтунова–Ржаницына [2]

$$\Gamma(t) = Ae^{-\beta t}\cdot t^{\alpha-1}, \quad A > 0,\ \beta > 0,\ 0 < \alpha < 1.$$

С помощью замены переменных $t - \tau = z^{\frac{1}{\alpha}}$, $0 \le z \le t^{\alpha}$, $(0 < \alpha < 1)$ интеграл при ядре Колтунова–Ржаницына с особенностью следующего вида:

$$A\int_0^t (t-\tau)^{\alpha-1}\exp\left[-\beta(t-\tau)\right]w(\tau)\,d\tau$$

принимает вид

$$\frac{A}{\alpha}\int_0^{t^{\alpha}} exp\left(-\beta\, z^{1/\alpha}\right)w\left(t - z^{1/\alpha}\right)dz.$$

Следовательно, систему (11) можно переписать в виде

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} c_{klmn}w_{mn} = \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} c_{klmn}\left(w_{0mn} + \dot{w}_{0mn}t\right) -$$

$$-\eta\int_0^t (t-\tau)\left\{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} f_{klmn}\left(w_{mn} - \frac{A}{\alpha}\int_0^{t^{\alpha}} exp\left(-\beta\, z^{1/\alpha}\right)w_{mn}\cdot\right.\right.$$

$$\left.\left.\cdot\left(t - z^{1/\alpha}\right)dz\right) - 12\left(1-\mu^2\right)\lambda^2\sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} g_{klmnrs}w_{mn}\Phi_{rs} - \right.$$

$$\left. -12\left(1-\mu^2\right)\lambda^4 q_{kl}\right\}d\tau,$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} a_{1klmn}\Phi_{mn} = \lambda^2 \sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} a_{2klmn} w_{mn} w_{rs}, \quad (12)$$

$$w_{mn}(0) = w_{0mn}, \quad \dot{w}_{mn}(0) = \dot{w}_{0mn};$$

$k = 1, 2, ..., M;\ l = 1, 2, ..., N.$

Заметим, что после замены переменных подынтегральная функция относительно z становится регулярной.

Затем, полагая $t = t_i$, $t_i = i\Delta t$, $i = 1, 2, ...$ (Δt — шаг интегрирования) и заменяя интегралы квадратурными формулами трапеций для вычисления неизвестных $w_{imn} = w_{imn}(t_i)$ и $\Phi_{imn} = \Phi_{imn}(t_i)$, получим следующие системы рекуррентных формул:

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} c_{klmn} w_{imn} = \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} c_{klmn}\left(w_{0mn} + \dot{w}_{0mn} t_i\right) -$$

$$-\eta\sum_{j=0}^{i-1} A_j\left(t_i - t_j\right)\left\{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} f_{klmn}\left(w_{jmn} - \frac{A}{\alpha}\sum_{p=0}^{j} B_p e^{-\beta t_p} w_{j-p,mn}\right) -\right.$$

$$\left. -12\left(1-\mu^2\right)\lambda^2 \sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} g_{klmnrs} w_{jmn}\Phi_{jrs} - 12\left(1-\mu^2\right)\lambda^4 q_{kl}\right\},$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} a_{1klmn}\Phi_{jmn} = \lambda^2 \sum_{m,r=1}^{M}\sum_{n,s=1}^{N} a_{2klmn} w_{j-1,mn} w_{j-1,rs}, \quad (13)$$

$$w_{mn}(0) = w_{0mn}, \quad \dot{w}_{mn}(0) = \dot{w}_{0mn};$$

$i = 1, 2, ...; k = 1, 2, ..., M;\ l = 1, 2, ..., N.$

которые решаются методом Гаусса.

Здесь $A_0 = \Delta t/2$; $A_j = \Delta t$, $j = 1, 2, ..., i - 1$;

$$A_i = \Delta t/2; \quad B_0 = \frac{\Delta t^{\alpha}}{2}; \quad B_j = \frac{\Delta t^{\alpha}\left(j^{\alpha} - (j-1)^{\alpha}\right)}{2};$$

$$B_p = \frac{\Delta t^{\alpha}\left((p+1)^{\alpha} - (p-1)^{\alpha}\right)}{2}, \ p = 1, 2, ..., j - 1.$$

Отметим, что начальным моментом колебательного процесса является статическое равновесное состояние пластины под нагрузкой q. Функция $w(0, x, y)$ представляет собой изогнутую поверхность в этом состоянии. Поэтому для нахождения w_{0mn} решается соответствующая упругая нелинейная статическая задача.

На основе алгоритма решения создана программа на алгоритмическом языке Delphi. Результаты вычислений при различных физических и геометрических параметрах вязкоупругой изотропной пластинки приведены на рис. 3–7. Здесь, если не оговорено другое, принято: $A = 0.05$; $\alpha = 0.25$; $\beta = 0.05$; $\mu = 0.3$; $q = 0.3$; $\lambda = 1$; $\alpha^* = 0.5$.

Изучено влияние статической поперечной нагрузки q на поведение вязкоупругой пластины (рис. 3). Следует отметить, что с увеличением статической поперечной нагрузки амплитуда колебаний возрастает. Колебания пластинки происходят около статического равновесного положения.

Соответствующие формы колебаний при безразмерном параметре времени $t = 3$ приведены на рис. 4. Из рисунка видно, что с уменьшением толщины пластины прогиб увеличивается.

На рис. 5 представлена зависимость прогиба от времени срединной точки упругой ($A = 0$ — кривая *1*) и вязкоупругих пластин ($A = 0.05$, $A = 0.1$ — кривые *2*, *3*). Как и ожидалось, учет вязкоупругих свойств материала пластины приводит к затуханию колебательного процесса, при этом, хотя решение упругой и вязкоупругой задач в начальный период времени мало отличаются друг от друга, с течением времени вязкоупругие свойства оказывают существенное влияние.

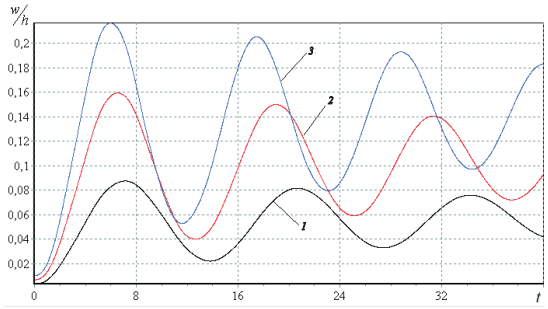


Рис. 3. Зависимость прогиба от времени при $q = 0.1$ (*1*); 0.2 (*2*); 0.3 (*3*)

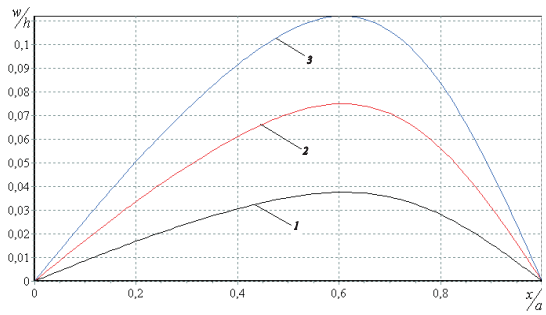


Рис. 4. Сравнение форм колебаний при $y = 0.5$; $q = 0.1$ (*1*); 0.2 (*2*); 0.3 (*3*)

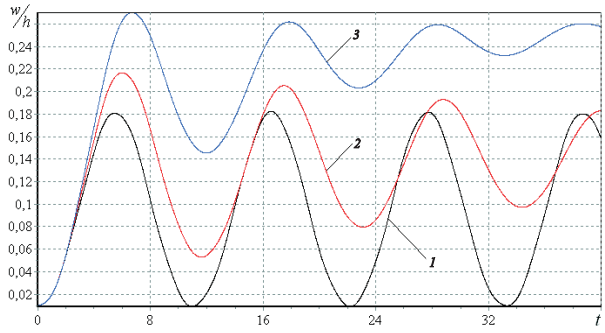


Рис. 5. Зависимость прогиба от времени при $A = 0$ (*1*); 0.05 (*2*); 0.1 (*3*)

Изменение толщины вязкоупругой пластины по вышеуказанному закону при равных объемах пластин постоянной и переменной толщины приводит к увеличению максимальных перемещений (рис. 6).

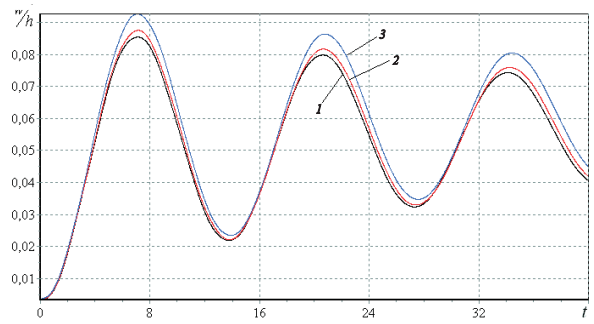


Рис. 6. Зависимость прогиба от времени при $\alpha^* = 0$ (*1*); 0.5 (*2*); 0.8 (*3*)

Во всех рассмотренных случаях изучена сходимость метода Бубнова–Галеркина. При вычислении прогиба удерживались пять первых гармоник ($M = 5$, $N = 1$), что обеспечивает сходимость разложения по формам колебаний. Расчеты показали, что дальнейшее увеличение количества членов не оказывает существенного влияния на амплитуду колебаний вязкоупругой пластины (рис. 7).

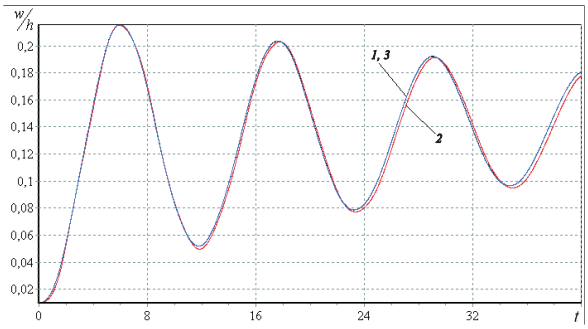


Рис. 7. Зависимость прогиба от времени при $M = 5$, $N = 1$ (*1*); $M = 5$, $N = 5$ (*2*); $M = 1$, $N = 5$ (*3*)

Аналогичные исследования были проведены и для других зависимостей законов изменения толщины вязкоупругой пластинки, а также для граничных условий.

Список литературы

1. *Верлань А. Ф.* Численное моделирование нелинейных задач динамики вязкоупругих систем с переменной жесткостью / А. Ф. Верлань, Р. А. Абдикаримов, Х. Эшматов // Электронное моделирование. — 2010. — Т. 32, № 2.

2. *Ильюшин А. А.* Основы математической теории термовязкоупругости / А. А. Ильюшин, Б. Е. Победря. — М.: Наука, 1970. — 280 с.

3. *Колтунов М. А.* Ползучесть и релаксация / М. А. Колтунов. — М.: Высш. шк., 1976. — 276 с.

4. *Вольмир А. С.* Нелинейная динамика пластинок и оболочек / А. С. Вольмир. — М.: Наука, 1972. — 432 с.

5. *Бадалов Ф. Б.* О некоторых методах решения систем интегродифференциальных уравнений, встречающихся в задачах вязкоупругости / Ф. Б. Бадалов, Х. Эшматов, М. Юсупов // Прикладная математика и механика. — 1987. — Т. 51, № 5.

ЖУРНАЛ университета водных коммуникаций

УДК 658.012.11.56:656.073

Пасевич Веслав,
канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель,
Институт математики Западно-Поморского
технологического университета
(Польша, Щецин)

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА БАЗЕ ЛОГИКО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ И ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ АСУ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ

ANALYSIS OF THE MULTIMODAL FREIGHT TRAFFIC ON THE BASIS OF LOGIC-LOGISTICS MATRIX AND PROBLEMS FOR FORMING ACS MTS

При современной транспортной политике принцип мультимодальности стал превалирующим в мировой практике организации грузовых перевозок. В основе мультимодальности лежит системная интеграция всех видов транспорта в единый комплекс, где в конкуренцию вступают не отдельные виды транспорта, а транспортные мультимодальные коридоры и их необходимые части: отрезки магистралей, соединяемые транспортными узлами. В работе приведен сравнительный анализ видов грузового транспорта, стявятся и обосновываются основные задачи программно-математического обеспечения АСУ транспортным узлом многоцелевого назначения как подсистемы АСУ МТС

With modern transport policy the principle of multimodality became prevalent in the world organization of cargo transportation. At the heart of multimodal system is the integration of all transports modes in a single complex, where the competition does not take certain types of transport, multimodal transport corridors and their required parts: segments of highways. The paper provides a comparative analysis of the trucks types, the basic problems of the AMS hub of multi-purpose, as subsystems of ACS MTS are put and solved.

Ключевые слова: транспорт, мультимодальность, грузовая единица, политранспортный узел, АСУ.
Key words: transport, multimodal sustems, loading unit, politransport junction, ASU.

Введение

В моделях выбора варианта мультимодального коридора генеральными критериями являются мимнимум времени и минимум стоимости доставки единицы груза. В настоящее время существуют развитые методы и технологии ораганизации грузовых перевозок отдельными видами транспорта и их совокупностями [1, с. 105–109; 8, с. 172–176].

Вместе с тем опыт организации мультимодальных перевозок показал, что в политранспортных процессах «узким местом» являются пункты перевалки и хранения груза (порты, терминалы, грузовые станции и склады). Дальнейшее развитие инфраструктуры этих элементов единого транспортного процесса привело в конце XX в. к формированию в регионах концентрации и пересечения грузопотоков транспортных узлов (ТУ) многоцелевого назначения во всех регионах мира [6, с. 166–170]. Именно в них сконцентрировались основные противоречия и нестыковки единой методологии организации, моделирования и формирования АСУ мультимодальных транспортных процессов.

Содержание

Проектирование АСУ политранспортной системы (АСУПТС) как объекта управления мультимодальным процессом требует формализации не только на уровне локальных АСУ видов транспорта, но и обобщенных моделей с целью поддержки и принятия решений комплесного характера. Иными словами, необходимо математическое и программное обеспечение АСУ ТП нового уровня: Автоматизированной системы управления мультимодальными транспортными системами ТУ регионального уровня (АСУ МТС).

Концепция АСУ МТС предусматривает эффективное и системное сочетание служб, обеспечивающих управление всем комплексом мультимодального процесса, включая взаимодействие с аналогичными информационно-управляющими комплексами как территориального, так и глобального уровня [3].

Разработка и создание такой системы на первом этапе требует проведения системного анализа указанного процесса, учитывающего современные требования не только транспортной работы, но и специфики регионально состояния территориальной экономики, поскольку мультимодальный процесс целиком относится к задачам глобалистики и решения целого ряда нетранспортных задач: товарообмена между регионами и материками, энергетической и экологической безопасности, социально-правовых взаимоотношений между государствами и государственными объединениями [7].

Специфику особенностей работы каждого вида транспорта предлагается анализировать на базе выводов табл. 1.

Таблица 1

Логико-логистическая матрица взаимодействия видов грузового транспорта

№ п/п	Вид транспорта	Скорость	Грузоподъемность	Экологичность	Мобильность	Географические возможности	Логистический показатель, К
1	Морской	–	+	+	–	+	**3**
2	Речной	–	+	+	–	–	**2**
3	Река–море	–	+	+	+	–	**3**
4	Железнодорожный	+	+	–	+	–	**3**
5	Автомобильный	+	–	–	+	–	**2**
6	Авиационный	+	–	–	–	+	**2**
7	Трубопроводный	+	+	+	–	+	**4**

Проведем анализ предложенных в табл. 1 положений.

Скорость. Скоростные характеристики весьма важны в современных условиях. Внедрение новейших и нанотехнологий, конкуренция, интенсификация производства как у потребителя продукции, так и у производителя требуют адаптации всех звеньев производственного процесса. С другой стороны, для создания запасов сырья, комплектующих, тары, ГСМ нужны дополнительные территорий, складов, площадок хранения, что приводит к росту непроизводительных затрат [4, с. 216–229]. Интенсификация доставки (отправки) необходимых производственных ресурсов определяет и сокращение времени их поступления. Однако при этом резко возрастает цена перевозок и нагрузка как на магистрали, так и на подвижной состав, определяемый заложенной в технологии мультимодальной работы видом (видами) транспорта (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная оценка скоростей грузоперевозок по типу транспортной единицы (ТЕ)

Показатель, V (км/ч)	Вид транспорта					
	Судно морское	Судно речное	Судно река–море	автомобиль	Ж/д состав	Самолет Региональ.
Скорость доп.	26	26	26	120	100	600
Скорость экспл.	25	20	22	90	80	400
Скорость технолог.	24	18	20	70	50	250

Допустимая скорость — максимальная скорость движения ТЕ по техническим условиям завода-изготовителя.

Эксплуатационная скорость — максимальная скорость движения ТЕ по условиям состояния магистрали (пути, дороги)

Технологическая скорость — среднестатистическая максимальная скорость движения ТЕ с учетом задержек, простоев, погрузки-разгрузки, ожидания и т. п.

Грузоподъемность. Беспорное первенство по этому показателю принадлежит водному (водоизмещающему) транспорту [9]. При равных условиях единица водного транспорта обеспечивает перемещение объема груза в десятки раз превышающие железнодорожные, автомобильные и тем более авиационные перевозки (табл. 3).

Таблица 3

Грузоподъемность ТЕ по типу груза (грузовые и наливные) и виду транспорта для единой Европы в Балтийском регионе

№ п/п	Тип	Морской	Речной	Река–море	Ж/д*	Авто	Самолет	Трубопровод
1	Г	24 000 40 000 60 000	5000 2700 1300	5000 2700 1000	1200 2400	18 20 22	2 20 60	—
2	Н	30 000 60 000 120 000	3000 1500 600	5000 2000 600	1200 2400	20 24 30	—	Нефть — 60 м^3/мин Газ — 200 м^3/мин

Экологичность. Использование грузовых магистральных автомобилей и самолетов наносит значительно больший экологический ущерб окружающей среде, чем другие виды транспорта. Сюда следует отнести выбросы отработанных газов, необходимость при строительстве и прокладке коммуникаций больших вырубок лесных массивов, осушение значительных территорий [2. с. 64–65]. Это нехарактерно для морских путей. Речной и река–море флот появляются на шлюзованных магистралях и водохранилищах как следствие комплексного решения целого ряда системных социально-экономических задач развития регионов и территорий: строительства гидроэлектростанций, водохранилищ (стратегический запас воды), нужд сельского хозяйства, орошения, туризма, снижения последствий чрезвычайных ситуаций (наводнения, пожары, засухи) и т. д. (табл. 4).

Таблица 4

Расчетные значения интегрального коэффициента технической эффективности для грузовой единицы ($K_{\text{тех.эф.}}$)

№ п/п	Вид транспорта	Интегральный коэффициент технической эффективности работы условной транспортной единицы $K_{\text{тех.эф.}}\left(\frac{\text{т}\cdot\text{км}}{\text{кВт}}\right)$
1	Морской	48,07
2	Речной	19,47
2а	Река–море плавания	25,44
3	Железнодорожный	14,15
4	Автомобильный	2,2
5	Воздушный	5,68

Мобильность. По ряду объективных причин некоторые транспортные единицы не могут перемещать обычный и крупногабаритный груз «от двери до двери». Это положение относится к морским и река–море судам, авиации. Вместе с тем речными судами (малая осадка и габариты), железнодорожными составами и особенно автомобилями доставка товара обеспечивается в любой пункт или место погрузки-разгрузки в ТУ с традиционными подъездными путями.

Организация АСУ МТС в этом показателе затрудняется при моделировании прогнозных задач разностью в традиционных мерах водного и наземного транспорта (табл. 5).

Географические (геофизические) возможности.

Наличие положительной характеристики морскому, авиационному и трубопроводному транспорту определено потому, что для них возможны перемещения грузов в любую точку потребления (производства) товара по воде (под водой), по воздуху при наличии ТУ или порта.

Таблица 5

Соотношение размерностей показателей моделирования состояния наземного и водного транспорта

№ п/п	Показатель (название)	Водный транспорт (единиц)	Наземный транспорт (величина)
1	Миля морская	1	1,852 км
2	Кабельтов	1	182,2 м
3	Фут	1	304,8 мм
4	Дюйм	1	24,5 мм
5	Визирная линия	1	2,54 мм
6	Узел	1	1,852 км/ч
7	Фунт	1	0,4536 кг

Отрицательная характеристика автомобилю и железной дороге дана в силу нереальности при современных технологиях строительства магистралей в районах Крайнего Севера и Сибири (70 % территории России) как по капитальным, так и по эксплуатационным затратам на вечной мерзлоте, учитывая дополнительно малонаселенность этих территорий. Вместе с речными и река–море судами эти виды транспорта не могут также в промышленных масштабах пересекать океаны. Сравнительная характеристика показателей работы видов грузового транспорта, характерных для данных Европы, показана в табл. 6 [9].

Особо следует остановиться на трубопроводах. В отличие от других типов транспорта, определяемых дискретным типом организации перевозок (единица груза), они представляет особый вид транспорта непрерывного действия. В основе их работы лежат гидродинамические и гидравлические законы, мало сопоставимые с традиционными грузовыми операциями. Вместе с тем они также являются непосредственным участником единого транспортного мультимодального процесса, замыкаясь в ТУ на все другие виды транспорта.

Таблица 6

Обобщенные показатели работы видов транспорта в Европе

№ п/п	Вид транспорта	Средняя скорость доставки груза (км/ч)	Средняя грузоподъемность (т)	Мощность энергоустановки	
				кВт	л/с
1	Морской	41,2	30 000	6000	8160
2	Речной	12,7	920	600	816
2а	Смешанного плавания река–море	21,2	2400	2000	2720
3	Железнодорожный	45,5	1400*	4500	6120
4	Автомобильный	55,0	8	200	272
5	Воздушный	620	55	6000	8160

* — условно принято за состав при 1 локомотиве с 35 вагонами (грузоподъемность одного вагона в 40 т).

Важным аргументов в пользу дальнейшего развития процессов автоматизации управления элементов и подсистем мультимодального процесса в виде основной их части — АСУ МТС является необходимость оптимизации транспортных потоков и их стыковки (сочетания) в узлах переработки груза по критериям минимума затрат и времени, когда цены реализации доставки единицы товара разными видами транспорта имеют весьма резкое различие (табл. 7).

Таблица 7

Тарифы транспортировки крупногабаритных грузов в Балтийском регионе

№ п/п	Вид транспорта	Тариф ($/т–км)
1	Авиационный	0,10
2	Автомобильный	0,055
3	Железнодорожный	0,02
4	Морской	0,0065
5	Речной	0,006
6	Трубопроводный	0,002

Предложенная логико-логистическая транспортная матрица и ее характеристики носят дискуссионный характер, ее показатели и состав могут быть дополнены или изменены [5]. Поэтому автор не настаивает на конечности приведенных параметров матрицы. Однако она в значительной степени отражает основные сравнительные свойства отдельных видов единого мультимодального транспортного комплекса на современном уровне.

Заключение

Приведенный анализ показывает, что дальнейшее развитие и совершенствование АСУ МТС, особенно его основной части — программного и математического обеспечения, являются научно-технической проблемой, замыкающейся на целый ряд социально-экономических задач: распределение трудовых, промышленных, сырьевых и сель-

ско-хозяйственных ресурсов, геополитику и безопасность, перспективные нанотехнологические комплексы и т. п.

На современном этапе четко просматриваются следующие первоочередные задачи автоматизации процедур подготовки и принятия решений по управлению многоцелевыми ТУ.

1. Разработка моделей и средств автоматизации грузопотоков в ТУ на основе идентификации распределений его характеристик, типизации всех видов подвижного состава политранспрортного процесса по грузовому показателю.

2. Создание классификационных таблиц транспортных систем по данным состояния обрабатываемых в ТУ типов грузовых единиц при составлении алгоритмов и моделировании технологий организации движения, перевалочных, складских работах в АСУ МТС.

3. Формирование в АСУ ТУ моделей и средств оценки вероятности ошибочных решений при организации работы ТУ, обосновании и проектировании мультимодальных цепочек.

4. Проектирование математических методов прогнозирования характеристик мультимодальных процессов в условиях ограниченной априорной информации

Список литературы

1. *Арефьев И. Б.* Анализ и перспективы развития мультимодальных транспортных коридоров России в Балтийском регионе / И. Б. Арефьев // Транспортная политика, экономика и образование: сб. / Мин-во транспорта РФ. — СПб., 2006.

2. *Арефьев И. Б.* Определение интегрального коэффициента технической эффективности транспортной единицы / И. Б. Арефьев. — СПб.: МАТ, 2007.

3. *Клавдиев А. А.* Адаптивные технологии информационно-вероятностного анализа транспортных систем / А. А. Клавдиев, В. Пасевич. — СПб.: СЗТУ, 2009. — 305 с.

4. *Мунджишвили Т.* Логико-вероятностная модель оценки финансового состояния предприятия / Т. Мунджишвили // Прикладная математика и компьютерные науки: тр. Тбилисского ун-та. — Тбилиси, 2005. — № 364 (24).

5. *Пасевич В.* Анализ и прогнозирование транспортных систем (Байесовский подход) / В. Пасевич. — СПб.: Система, 2005. — 84 с.

6. *Пасевич В.* Задачи распределения грузопотоков в транспортных системах / В. Пасевич // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007.

7. *Степанов А. Л.* Порт в транспортной логистике / А. Л. Степанов [и др.]. — СПб.: ГМА, 2008. — 205 с.

8. *Pasewicz W.* A new approximation of probabilities of decision mistakes in transport junction / W. Pasewicz; Siewierno-Zapadnyj Techniczeskij Uniwiesitiet, APS–2004. — St.-Petersburg, 2004.

9. Ежегодный бюллетень европейской статистики (транспорт) / ЕЭК. — Нью-Йорк, 2000–2008.

УДК 37

А. А. Кузьмин,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

С. Н. Тарануха,
канд. техн. наук,
СПГУВК

ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА КАК ФАКТОР КАЧЕСТВЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

INFORMATIONAL AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT IS THE AGENT OF QUALITATIVE CHANGE OF VOCATIONAL EDUCATION

В статье рассмотрена необходимость использования информационных технологий с точки зрения средства формирования инновационной образовательной среды вуза; сформулированы взаимосвязанные научные и практические задачи, стоящие перед вузом, для создания информационного образовательного пространства университета; описана возможность использования автоматизированной информационной системы дистанционного обучения для профессионального обучения плавсостава.

The article reviews the need for use of informational technologies as means of development of innovational educational environment of the University. The theoretical and practical tasks for development of the University's informational educational area are identified. The article also presents the prospect of use of distance learning automated informational system for vocational education.

Ключевые слова: компьютер, информационные технологии, образование, образовательная среда, инновации, дистанционное обучение, профессиональное обучение.

Key words: computer, informational technologies, education, educational environment, innovations, distance learning, vocational education.

МОДЕРНИЗАЦИЯ всей системы российского образования, осуществляемая сегодня, направлена на достижение новых образовательных результатов, адекватных требованиям современного общества при одновременном повышении его качества. Она в значительной мере обусловлена тем, что результаты образовательного процесса стали все в меньшей степени соответствовать социальным ожиданиям государства и общества.

В настоящее время предлагаются разнообразные пути решения проблемы качества образования. Различают качество образования как процесса и качество образования как его результата. Исходя из этого, качество образовательного процесса (уровень его организации, адекватность методов и средств обучения, квалификация преподавателей и т. д.) само по себе еще не гарантирует качества образования в целом, так как его цели могут не в полной мере соответствовать новым потребностям общества. Кроме того, во многом меняется смысл понятия «образовательные результаты».

Кроме того, в последние десятилетия сформировалась новая проблема развития образования в России. Знания устаревают каждые 3–5 лет, а знания в высокотехнологичных областях — каждые 2–3 года. Пройдет еще немного времени и этот срок сократится до 1,5–2 лет. Объем знаний выпускников вузов удваивается каждые 3–4 года. Если не совершенствовать образовательные технологии, то уже в ближайшее время качество подготовки специалистов будет объективно отставать от требуемого на рынке труда. Усвоение знаний студентами с помощью известных сегодня информационных и коммуникационных технологий, по самым низким оценкам, происходит на 40–60 % быстрее, чем при использовании традиционных технологий. Овладение большим объемом знаний в единицу времени позволяет усвоить больший объем профессио-

нальной информации или сократить сроки обучения в вузах. Высокая скорость накопления и обновления знаний привела к необходимости использования информационных технологий как инструмента получения и обработки информации, являющейся средой возникновения знаний. Стремительный рост массива знаний вызвал бурное развитие систем и технологий образования с соответствующей знаниевой ориентацией. Одновременно развивалась методология образовательных проектов, направленная на обеспечение высокого качества образования. Отсюда — стандартизация, модульность, технологизация обучения.

Прежняя система образования, многие десятилетия успешно готовившая для страны высококвалифицированные кадры, сегодня уже в значительной мере не способна обеспечить достижение необходимого образовательного уровня. Ориентация на качественно новые результаты влечет за собой существенные изменения используемых технологий обучения. Как показал опыт ведущих российских и зарубежных университетов, требуемым потенциалом обладают методики обучения на основе информационных технологий.

При реализации этих методик следует выделить два направления: использование непосредственно компьютерных технологий и, в более широком смысле, применение информационно-коммуникационных технологий, формирующих соответствующую образовательную среду.

В свою очередь отдельно взятые компьютерные технологии носят достаточно разнообразный характер: компьютерное моделирование, компьютерная графика, электронные учебники, справочно-информационные системы, компьютерное тестирование, языковые обучающие системы, тренажеры и т.д.

Компьютерное моделирование в подавляющем большинстве стран мира потеснило распространенные ранее методы физического моделирования. Прежде всего это можно отнести к исследованиям гидродинамических, термодинамических, аэродинамических, волновых процессов, изучению электрических и магнитных полей. В последние годы существенно возросла доля исследовательских задач, реализуемых с помощью компьютерного математического моделирования. Значительно сократилось использование физических моделей при одновременном росте составляющей компьютерного моделирования как в исследовательском, так и учебном процессах высших учебных заведений.

В последние годы компьютерная графика стала важнейшей составляющей учебного процесса технических вузов. Она позволяет значительно снизить затраты времени на подготовку графических материалов и чертежей в процессе обучения, что является особенно важным для реализации инженерного образования, повышает качество визуального восприятия изображений.

Использование в учебном процессе статических и динамических электронных учебников и методических материалов, справочно-информационных систем, энциклопедий и баз данных повышает оперативность процесса получения информации, возможности ее использования, хранения и обработки.

Широкое применение методов компьютерного тестирования при контроле знаний существенно расширяет контингент привлекаемых к проверке студентов, сокращает ее сроки, при сохранении жестко регламентированной процедуры и объективности самой проверки и оценки знаний студентов.

Использование компьютерных симуляторов и тренажеров позволяет наиболее близко имитировать будущую профессиональную деятельность выпускников вузов, формировать профессиональные навыки и умения, выполнять заданные действия в режиме реального времени, испытывая соответствующее психоэмоциональное напряжение.

Совокупность перечисленных компьютерных технологий, являющихся инструментами информационных технологий, и средств связи формирует информационно-коммуникационную образовательную среду, в которой выделяются: субъекты среды, источники учебной информации, инструменты учебной деятельности и средства коммуникаций, а также контент (учебное и методическое содержание) образовательной среды.

Обращение к информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ) сущест-

венно расширяет состав и возможности ряда компонентов образовательной среды. Так, к числу источников учебной информации в этих условиях можно отнести базы данных и информационно-справочные системы, электронные учебники и энциклопедии, ресурсы Интернета и т. д. Как инструменты учебной деятельности можно рассматривать компьютерные тренажеры, контролирующие программы и тому подобное, как средства коммуникаций — локальные компьютерные сети или Интернет.

Информационно-коммуникационные технологии окажут принципиальное воздействие на процесс обучения только в том случае, если будут включены в соответствующую их возможностям модель образовательного процесса. Образовательную среду, формируемую на базе средств ИКТ, целесообразно разрабатывать в рамках личностно ориентированного обучения с опорой на достижение новых образовательных результатов — приоритетное формирование у обучаемых исследовательских и проектных способностей и умений. Только в этом случае электронные образовательные ресурсы смогут принципиально изменить образовательную среду, в рамках которой они реализуются. Новая образовательная среда способна повысить эффективность старых методик и педагогических технологий, ориентированных на традиционные образовательные результаты.

Переход к информационно-коммуникационным образовательным технологиям обучения, создание условий для их разработки, апробации и внедрения, поиск разумного сочетания нового с традиционным подходом сложны и требуют решения целого комплекса организационных, технологических, психолого-педагогических, учебно-методических и других проблем.

Достижение этих целей предполагает решение совокупности взаимосвязанных научных и практических задач:

1. Развитие транспортной информационной инфраструктуры, обеспечивающее телекоммуникационную связанность образовательных учреждений различного уровня на основе применения средств информационных и телекоммуникационных технологий. В результате появляется реальная возможность обмена информационными ресурсами учебного назначения не только между территориально распределенными структурами вуза, но и предоставление этих ресурсов территориально распределенным студентам при многократном повышении оперативности информационного обмена. Технические характеристики современных информационных систем таковы, что информация любого вида и объема может быть передана любому человеку в течение нескольких секунд или минут вне зависимости от расстояния между пунктами отправления и приема данных. Повышение оперативности информационного обмена позволяет сделать его интерактивным, что необходимо для организации полноценной образовательной деятельности.

2. Создание нового содержательного наполнения информационной среды образовательными ресурсами, разрабатываемыми с учетом особенностей их дальнейшего применения в учебном процессе. Применение новых носителей информации и средств ее обработки и отображения открывает новые возможности и направления совершенствования информационных ресурсов учебного назначения. Поэтому решение данной задачи должно включать анализ различных видов информационных ресурсов обучения с позиций применяемых технологий их создания, сертификации, тиражирования, хранения и использования в учебном процессе.

3. Массовая подготовка преподавателей, методистов, администраторов учебных заведений к эффективному применению ИКТ и образовательных ресурсов в организации при проведении учебного процесса. Определенная часть сотрудников вуза перечисленных категорий должна получить углубленную подготовку в области информационно-коммуникационных технологий для дальнейшего участия в разработке и организации использования информационных образовательных ресурсов, а также в обучении остальных сотрудников и преподавателей.

4. Информатизация администрирования учебного процесса, суть которой заключается в том, что территориально распределенные студенты и преподаватели при-

меняют в обучении также распределенные образовательные ресурсы (например, фонды электронных библиотек, автоматизированное лабораторное оборудование и другие необходимые им ресурсы). Здесь может оказаться полезным опыт создания и использования информационных систем предприятий отрасли с учетом сроков подготовки выпускников. Целесообразное применение ИКТ в образовательном процессе способствует повышению качества и результативности обучения, изменяя годами выверенные стереотипы в организации учебного процесса, в соотношении объема и значимости различных видов занятий, повышая роль самостоятельной учебной работы студентов в достижении высоких творческих результатов.

Внедрение быстро развивающихся информационных технологий создало предпосылки для реализации качественно нового этапа развития вузов на основе формирования единой образовательной информационной среды. Ее создание и развитие сегодня является технически сложной и дорогостоящей задачей. Но именно она позволит системе образования коренным образом модернизировать свой технологический базис, перейти к образовательной информационной технологии и осуществить переход к открытой образовательной системе, отвечающей требованиям современного общества. Электронные и традиционные учебные материалы должны гармонично дополнять друг друга как части единой образовательной среды. Для деятельности вуза необходима специальная информационная среда, в которой взаимодействуют администраторы и участники учебного процесса. Особенностью функционирования вуза является наличие разнообразных по содержанию и объему информационных потоков, а также большого количества пользователей, различные группы которых имеют разные информационные потребности и ограниченные права доступа к информации. Учебная, управленческая и архивная информация должна быть защищена от несанкционированного доступа и разрушения. В целом информационная образовательная среда, построенная с применением компьютерных и коммуникационных технологий, уже является практически необходимой средой функционирования современного учебного заведения.

Разрабатывая технологии обучения для высшего профессионального образования, необходимо учитывать цели образования, содержание будущей производственной деятельности и требования к профессионально важным качествам выпускников, их компетенции.

Проектирование таких технологий должно осуществляться на основе следующих принципов:

— обучение на основе интеграции с наукой и производством;

— профессионально-творческая направленность обучения;

— ориентированность обучения на личность;

— ориентированность обучения на развитие опыта самообразовательной деятельности будущего специалиста;

— ориентация на инновации.

Понятие «инновация» означает новшество, новизну, изменение. Инновация как средство и процесс предполагает введение чего-либо нового. Применительно к педагогическому процессу в профессиональном образовании инновация означает введение нового в цели, содержание, методы и формы обучения, организацию совместной деятельности преподавателей и студентов.

Инновации сами по себе не возникают, они являются результатом научных поисков, передового педагогического опыта отдельных преподавателей и целых коллективов. Этот процесс не может быть стихийным, им необходимо управлять.

Одним из видов инноваций в организации профессионального образования является реализация дистанционной образовательной технологии обучения. Технологии дистанционного обучения (ТДО) с начала III тысячелетия широко используются в мировой практике, в том числе в университетах США, Франции, Великобритании, Германии и других стран. Очевидно, что возможности и эффективность использования ТДО определяются многими факторами, и в первую очередь уровнем реализуемых образовательных программ. Сегодня технологии дистанционно-

го обучения рассматриваются как наиболее важная предпосылка для расширения системы профессионального образования, формирования межрегионального образовательного поля, они являются одним из способов снижения затрат и повышения возможности получения образования широкими слоями населения.

Дистанционное обучение — это образовательная технология, базирующаяся на использовании широкого спектра как традиционных, так и новых информационных и телекоммуникационных технологий и технических средств, которые создают условия для свободного выбора обучаемым образовательных дисциплин, соответствующих стандартам диалогового обмена с преподавателем, при этом процесс обучения не зависит от расположения обучаемого в пространстве и во времени. Такой вид обучения может быть востребован в первую очередь жителями отдаленных районов страны, работающими вахтовым методом, моряками и рыбаками.

Информационно-образовательная среда дистанционного обучения представляет собой системно организованную совокупность средств передачи данных, информационных ресурсов, протоколов взаимодействия, аппаратно-программного и организационно-методического обеспечения и ориентируется на удовлетворение образовательных потребностей пользователей.

Реализация обучения с использованием информационно-коммуникационной среды дает ему ряд преимуществ по сравнению с традиционными технологиями: гибкость, модульность, параллельность, охват, экономичность, технологичность, социальное равноправие, интернациональность.

Дистанционное обучение расширяет и обновляет роль преподавателя, который должен координировать познавательный процесс, постоянно усовершенствовать преподаваемые им курсы, повышать творческую активность и квалификацию в соответствии с нововведениями и инновациями. Позитивное влияние оказывает дистанционное обучение и на студента, повышая его творческий и интеллектуальный потенциал за счет самоорганизации, стремления к знаниям, умения взаимодействовать с компьютерной техникой и самостоятельно принимать ответственные решения.

Новые принципы организации учебного процесса, нашедшие свое отражение в Федеральных государственных образовательных стандартах, предусматривают широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, широко применяемых за рубежом: компьютерные симуляции, деловые и ролевые игры, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги в сочетании с внеаудиторной работой. В широком смысле интерактивное взаимодействие предполагает диалог любых субъектов друг с другом с использованием доступных им средств и методов. При этом предполагается активное участие в диалоге обеих сторон — обмен вопросами и ответами, управление ходом диалога, контроль за выполнением принятых решений и т. п. Телекоммуникационная среда, предназначенная для общения миллионов людей друг с другом, является априори интерактивной средой. При дистанционном обучении субъектами в интерактивном взаимодействии будут выступать преподаватели и студенты, а средствами осуществления подобного взаимодействия — электронная почта, телеконференции, диалоги в режиме реального времени и т. д.

Дистанционные образовательные технологии реализуются в форме электронного интерактивного обучения — образовательной технологии, при которой для передачи формальных и неформальных инструкций, поддержки и оценки используются сетевые технологии (такие как Интернет и корпоративные сети).

К средствам и методам электронного интерактивного обучения можно отнести:

— интерактивные ресурсы и материалы;

— электронные библиотеки и электронные библиотечные системы;

— обучающие материалы и курсы;

— обсуждения в режиме реального времени;

— чаты, видеочаты;

— электронную почту;

— видеоконференции;

— видеоконсультации и программные

приложения совместного использования (разделяемые рабочие пространства).

Необходимо учитывать, что интерактивное обучение не является самоцелью, оно должно быть дополнением к занятиям в аудитории и другим возможностям вербального общения с преподавателем.

Одним из перспективных направлений применения дистанционных образовательных технологий в транспортной отрасли является их использование при подготовке и повышении квалификации специалистов плавательных специальностей. Существующая система подготовки и повышения квалификации плавсостава, основанная на сложившихся российских традициях и высококвалифицированных преподавательских кадрах государственных вузов, из-за ограниченных возможностей образовательных центров (в первую очередь по пропускной способности) и необходимости отрыва обучаемых от непосредственной производственной деятельности, не отвечает в достаточной мере быстро растущим потребностям флота в сертифицированных кадрах. Поэтому назрела необходимость использования новых подходов в реализации программ высшего и дополнительного профессионального образования плавсостава. Применение автоматизированных дистанционных технологий для обучения и повышения квалификации работников речного и морского транспорта необходимо также и из-за специфических особенностей контингента обучаемых. Профессиональная деятельность различных категорий плавсостава и инфраструктуры транспортной отрасли напрямую связана с навигацией, сезонностью и прочими факторами, которые снижают возможность получения образования в соответствии с действующими графиками учебного процесса и затрудняют своевременность повышения квалификации или делают это невозможным. Внедрение автоматизированных дистанционных технологий позволяет максимально приблизить обучаемых не только к традиционным образовательным программам, но и к действующим тренажерам, включенным или встроенным в автоматизированную систему обучения.

Реализация дистанционной образовательной технологии возможна при использовании автоматизированной информационной системы, которая должна осуществлять регистрацию, входной контроль и тестирование, интерактивное обучение, предварительный выходной контроль компетенций, полученных слушателями. При реализации электронного интерактивного обучения специалистов плавсостава особое внимание должно быть уделено имитационному обучению, например отработке действий по управлению судном и экипажем во внештатных ситуациях, действиям экипажа в сложных аварийных случаях, получению новых компетенций.

Роль автоматизированной информационной системы дистанционного обучения заключается не только в предоставлении обучаемым квалифицированных знаний, реализующих общекультурные компетенции, но и квазипрофессиональных ситуационных знаний (в виде заданий, тестов) для формирования профессиональных компетенций и успешного прохождения итоговой государственной аттестации. Безусловно, итоговая государственная аттестация для выпускников программ высшего профессионального образования и сертификация для выпускников программ дополнительного профессионального образования должны осуществляться непосредственно в вузе с обязательным привлечением представителей работодателей.

Реализуемая система автоматизированного дистанционного обучения такого типа для подготовки и повышения квалификации плавсостава должна быть адаптивно оптимизированной, то есть оптимизирована по определенным параметрам, и обладать свойствами адаптивности к изменению внутренних и внешних условий. Под изменением внутренних условий следует понимать появление новых знаний и требований конвенций, расширение функциональных возможностей системы, изменение набора и параметров имитационных моделей (тренажеров) и т. д. К изменению внешних условий можно отнести изменение государственного заказа на подготовку специалистов, потребности кадрового рынка судоходных компаний и т. д.

Отдельного внимания с точки зрения целесообразности и экономической эффективности заслуживает реализация автомати-

зированных дистанционных образовательных технологий для программ дополнительного профессионального образования.

Взаимная заинтересованность в подготовке и повышении квалификации специалистов плавсостава со стороны высших учебных заведений, обучаемых и работодателей, уровень развития информационных технологий, компьютерная оснащенность и квалификация профессорско-преподавательского состава делают реализацию автоматизированного дистанционного обучения сегодня актуальным проектом.

Список литературы

1. *Беренфелъд Б. С.* Инновационные учебные продукты нового поколения с использованием средств ИКТ (уроки недавнего прошлого и взгляд в будущее) / Б. С. Беренфельд, К. Л. Бутягина // Вопросы образования. — 2005. — № 3.

2. Инновации в образовании: понятие, сущность, характеристика и классификация [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.tspu.tomsk.ru/student/l/innovacl.htm

3. Информатизация образования: направления, средства, технологии: пособие для системы повышения квалификации / под общ. ред. С. И. Маслова. — М.: Изд-во МЭИ, 2004.

4. *Невуева Л. Ю.* О перспективных тенденциях развития педагогических программных средств / Л. Ю. Невуева, Т. А. Сергеева // Информатика и образование. — 1990. — № 3.

5. *Тарануха С. Н.* О дистанционной технологии реализации программы повышения квалификации в области безопасности судоходства / С. Н. Тарануха, А. Ф. Бучинский // Прикладная математика в инженерных расчетах на транспорте: сб. науч. тр. / под общ. ред. Ю. М. Кулибанова. — СПб.: СПГУВК, 2001 — 132 с.

6. *Якиманская И. С.* Личностно ориентированное обучение в современной школе / И. С. Якиманская. — М., 1996.

УДК 378:519.86

В. А. Бабурин,
канд. техн. наук, профессор,
СПГУВК;

В. Е. Марлей,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

AUTOMATION OF MODELLING IN TEACHING OF ECONOMIC DISCIPLINES

Показаны методические подходы к изучению дисциплин, связанных с моделированием и автоматизацией процесса разработки моделей. Приведен анализ отечественной системы автоматизации моделирования «Когнитрон», разработанной на базе алгоритмического подхода создания моделей, показаны ее преимущества в процессе обучения. Изложены рекомендации о целесообразности включения рассмотренной проблематики в план работы аспирантуры.

The methodical approaches for studying the disciplines connected with modeling and automation of process of working with models are discussed. The analysis of domestic system of automation KOGNITRON modeling, developed on the basis of the algorithmic approach of creation of model, the advantages in the course of training are shown. Recommendations on expediency of inclusion the problem considered into the curriculum of the post-graduate course are stated.

Ключевые слова: модели, автоматизация моделирования, алгоритмические сети, структура сети, ориентированный граф, система «Когнитрон».

Key words: models, models automation, algorithmic networks, network structure, directed graphs, "Kognitron" system.

НАВЫКИ моделирования являются одними из важнейших при подготовке специалистов в области экономики [1]. При преподавании дисциплин, связанных с моделированием, нужно освободить студента от процесса реализации разработанной модели — программирования, это не главное в его специализации, а сосредоточить все его внимание и усилия на формировании собственно модели и ее исследовании. Для этого сегодня есть необходимый инструментарий — системы автоматизации моделирования.

Известно, что если имеется некое множество альтернатив, то с неизбежностью возникает проблема выбора, то есть нахождения наиболее эффективного варианта из допустимого множества. Что касается собственно моделирования как научного метода исследования и выбора метода его автоматизации, то это весьма непростая научно-методическая задача, тем более для целей обучения. Обсуждению этих вопросов и выработке методических рекомендаций был посвящен совместный научно-методический семинар двух кафедр: математического моделирования и эконометрии (факультет экономики и финансов) и вычислительных систем и информатики (факультет информационных технологий) СПГУВК.

Семинар состоялся в марте 2010 г., основной целью его организаторы определили обмен опытом сотрудников кафедр в области моделирования производственных процессов и явлений и их автоматизации, а также преподавания соответствующих разделов специальных дисциплин учебных планов различных специальностей. При этом основными заинтересованными участниками, по мнению организаторов семинара, должны быть не столько научные работники и ППС, а аспиранты и стажеры-преподаватели, для которых этот семинар должен стать шкалой педагогического мастерства.

В СПГУВК используются различные системы автоматизации моделирования, но на семинаре в основном была рассмотрена отечественная система «Когнитрон» [2].

Система «Когнитрон» основана на представлении модели в виде алгоритмических сетей (дискретное и непрерывное отображается как единый процесс). Аналогом алгоритмической сети можно считать логическую сеть, в которой вместо логических операторов использованы произвольные, соответственно и переменные. «Когнитрон» разработан в СПИИРАН и используется в различных версиях с 1984 г. для решения народнохозяйственных задач и в процессе обучения в СПбГУАП, СПГУВК, СПбГПедУ. В настоящее время система прошла регистрацию в Фонде алгоритмов и программ Российской академии наук [3].

Система «Когнитрон» требует от пользователя меньшей предварительной подготовки, чем большинство других, поскольку основана на алгоритмическом подходе. При алгоритмическом подходе модель рассматривается как некое формальное представление сценария моделируемого процесса, которое имеется у предметного специалиста, а структура модели подобна структуре причинно-следственных связей между явлениями, описанными в сценарии. Основным средством достижения адекватности для алгоритмической модели является коррекция ее структуры на основе уточнения исходного сценария. Очевидно, что алгоритмический подход, с учетом описанных выше закономерностей, по сути облегчает задачу построения структуры модели, и алгоритмические модели будут легче восприниматься студентами, что и подтверждается практикой учебного процесса.

Алгоритмические сети (АС) используются для представления структуры алгоритмических моделей и являются отображением причинно-следственных и временны́х связей между явлениями, представленными в сценарии моделируемого процесса, в вычислительные связи между операторами. Алгоритмические сети задают расчетную схему, по которой проводятся вычислительные эксперименты над моделями. Алгоритмические сети определяются как конечный ориентированный нагруженный граф, вершинам которого сопоставлены операторы, а дугам — переменные, связываемые операторами; для задания исходного состояния моделируемого процесса и описания перехода моделируемого процесса через шаг моделирования служат операторы задержки в вершинах АС. АС представляет структуру вычислительной схемы, соответствующей причинно-следственным связям для одного циклически повторяющегося шага, дискретно рассматриваемого процесса, с учетом его естественного параллелизма. Требуемое число шагов моделирования, для которых нужно проанализировать процесс, задается для АС внешними параметрами. Дуга в АС означает, что операторы в связываемых ей вершинах вычислительно связаны. Вычисления на АС производятся по шагам моделирования, происходят в каждой вершине сразу же, когда для текущего шага моделирования становятся известны значения всех переменных, соответствующих входным дугам вершины. Переменные, соответствующие входным висячим дугам, соответствуют входным переменным, все остальные переменные — расчетные.

Структура АС удовлетворяет следующим ограничениям:

— не существует контура, в котором хотя бы одна вершина не содержала оператор задержки;

— переменная может быть вычислена только в одной вершине;

— в одной АС все операторы задержки определяют рекуррентные соотношения относительно одной и той же величины и с одинаковым шагом ее изменения, и срабатывают одновременно после вычисления всех остальных вершин.

К недостаткам системы прежде всего следует отнести недостаточный объем сервисных функций, обеспечивающих проведение и анализ результатов вычислительного эксперимента.

В традиционной технологии среди основных проблем, встающих пред пользователем на пути компьютерного моделирования, можно назвать:

— представление знаний, необходимых для решения поставленной задачи;

— построение математической модели задачи;

— выбор метода, реализующего решение задачи;

— построение программы, реализующей выбранный метод, а также проблему создания интерфейса, обеспечивающего ввод-вывод данных, представление результатов расчетов, коррекцию данных, их хранение и т. п.;

— доверие пользователя к результатам, выдаваемым системой.

Как правило, перечисленные проблемы решаются за счет привлечения в процесс моделирования математиков и программистов. Система «Когнитрон» призвана обеспечить конечному пользователю возможность моделирования без посредника.

Под алгоритмической моделью будем понимать формализованное описание сценария предметного специалиста для моделируемого процесса, структура которого сопоставима со структурой причинно-следственных и временны́х зависимостей между явлениями моделируемого процесса вместе со всей информацией, необходимой для ее программной реализации.

Алгоритмические сети используются для представления структуры алгоритмических моделей и являются отображением причинно-следственных и временны́х связей между явлениями, отображенными в сценарии моделируемого процесса, в вычислительные связи между операторами. Таким образом, алгоритмические сети задают некоторую расчетную схему, по которой проводятся вычислительные эксперименты над моделями.

Обычно алгоритмические сети определяются как конечный ориентированный нагруженный граф, вершинам которого сопо-

ставлены операторы, а дугам — переменные, связываемые операторами.

Формальное описание АС представляется следующим образом:

$$AC ::=< P, Q, X, F, P \to F, Q \to X >.$$

Здесь: P — множество вершин сети;

Q — множество дуг сети;

X — множество переменных;

F — множество операторов;

P→F — изоморфное отображение P на F;

Q→X — отображение Q на X.

Если сеть не пуста, то все множества непустые.

Оператор fi в множестве F описывается следующим образом:

$$fi ::= in(fi), fi, out(fi).$$

Здесь: fi — символ операции или функции, символ уникален для каждой операции;

i — индекс (номер) операции в вычислительной схеме;

in(fi) — множество входных переменных (аргументов) оператора;

out(fi) — множество выходных переменных (результатов) оператора;

in(fi) и out(fi) содержат только те переменные, которые используются в выражениях описывающих fi.

Дуга в АС означает, что операторы в связываемых ею вершинах вычислительно связаны.

Вычисления производятся по шагам моделирования и происходят в каждой вершине сразу же, как становятся известны значения всех переменных, соответствующих входным дугам вершины. Каждой дуге соответствует только одна переменная; переменной может соответствовать несколько дуг. Структура АС удовлетворяет следующим ограничениям:

— не существует контура, в котором хотя бы одна вершина не содержала оператор задержки;

— переменная может быть вычислена только в одной вершине;

— в АС все операторы задержки определяют рекуррентные соотношения относительно одной и той же величины, с одинаковым шагом ее изменения, и срабатывают одновременно после вычисления всех остальных вершин.

Принятое описание вершины позволяет в ряде случаев упростить описание преобразований над АС, так как с учетом изоморфности отображения P→F преобразования над АС стало возможным рассматривать как преобразования множества F.

Доказано, что в АС можно построить расчетную программу тогда и только тогда, когда заданы значения всех переменных соответствующим входным дугам АС. Будем говорить в этом случае, что сеть вычислима. Тип операторов и переменных произвольный, возможны ссылки в вершинах на другие АС. В случае наличия ссылок класс алгоритмов, реализуемых в алгоритмических сетях, соответствует классу структурных алгоритмов, то есть любой произвольный алгоритм может быть после приведения к структурному виду представлен как алгоритмическая сеть. В существующих версиях системы «Когнитрон» используются в основном числовые переменные и операторы, но даже это позволяет реализовать различные и достаточно сложные модели. Заметим, что язык алгоритмических сетей создавался именно для описания экономических систем и только потом стал использоваться в других предметных областях.

Примеры алгоритмических сетей приведены на рис. 1. Здесь АС представляет собой емкость, где:

x_1 — состояние емкости на конец периода $t - 1$ или начало периода t;

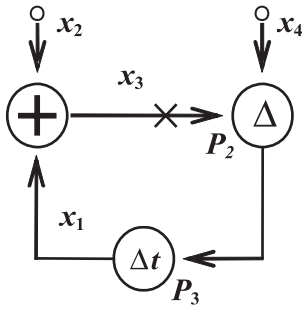
x_2 — приход в емкость в период t;

x_3 — состояние емкости без учета расхода в период t;

x_4 — расход в период t;

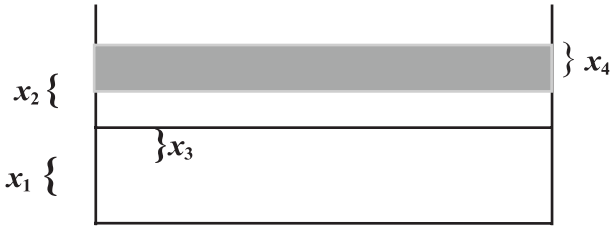
x_5 — состояние емкости на конец периода t или на начало периода $t + 1$.

На представленном рисунке приведены математические выражения, соответствующие вершинам АС, результирующее выражение и пример расчета. В дальнейшем будем полагать, что АС служат для представления моделей, выражаемых системой рекуррентных нелинейных выражений, при этом переменные в них могут быть любой природы (числовыми, символьными и т. п.). Пример АС с символьными переменными и соответствующего ей рекуррентного выражения приведен на рис. 1, *в*. Алгоритмические сети позволя-



P_1: $x_3(t)=x_1(t)+x_2(t)$
P_2: $x_5(t)=x_3(t)-x_4(t)$
P_3: $x_1(t+1)=x_5(t)$
$x_1(t+1)=x_1(t)+x_2(t)-x_4(t)$

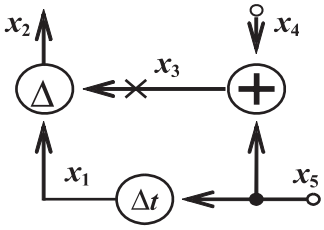
а

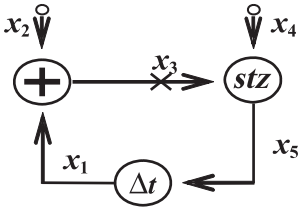


t / x	1	2	3
1	10	15	35
2	10	25	10
3	20	40	45
4	5	5	15
5	15	35	30

P_1: $x_3(t) = x_5(t) + x_4(t)$
P_2: $x_2(t) = x_3(t) - x_1(t)$
P_3: $x_1(t + 1) = x_5(t)$

б





P_1: $x_3(t) = x_5(t) + x_2(t)$
P_2: $x_5(t) = stz(x_3, x_4)$
P_3: $x_1(t + 1) = x_5(t)$

в

\+ — конкатенация строк;

$stz(x_3, x_4)$ — выделение подстроки на x_4 от начала из строки x_3.

Заданы: $x_1 = ав$, $x_2 = са$, $x_4 = 3$

Вычислены: $x_3 = авса$, $x_5 = а$

Рис. 1. Примеры алгоритмических сетей

ют производить частичное обращение своей структуры, аналогичное разрешению одного из выражений, составляющих модель относительно другой переменной, что используется в процессе поиска решений. Пример такой обращенной сети на рис. 1, *а* приведен на рис. 1, *б*. На рис. 2 приведены примеры запрещенных конструкций — контура без задержки и неоднозначности.

Алгоритмическая модель определяется как:

AM::=<IM, OPO, IO, OP, AC, T, MD, X→T, F→T>,

здесь: IM — идентификатор модели;

OPO — описание предметной области;

IO — описание объекта, для которого разработана модель;

OP — описание процесса, для которого разработана модель;

АС — алгоритмическая сеть (описание структуры модели);

T — множество терминов предметной области, используемых в модели;

MD — множество вариантов законов изменения значений переменных;

X→T и F→T — отображения множеств переменных и множеств операторов АС модели в множество терминов предметной области, используемых в модели; если модель не пуста, то всегда не пусты IM и АС.

Таким образом, из определения АМ видно, что преобразования моделей в общем случае не сводятся автоматически к преобразованиям над АС. Сеть описывает только структуру модели, неполностью модель.

Так как АС графически представляет вычислительную схему, то преобразования АС будут графическим представлением преобразований над математическими выражениями. Подграф АС в этом случае становится схемой, вычисляющей некоторое подмножество внутренних (расчетных) переменных АС, и для сохранения этого качества необходимо, чтобы вершины подграфа АС сохраняли все связанные с ними переменные. То есть звездный граф, соответствующий вершине АС, со всеми дугами, соответствующими связанными с ней переменными, есть неделимая единица АС — единичная АС. Таким образом, понятие подграфа для АС получается более узким, чем в теории графов. Это побудило разработать для АС свою систему операций.

Состав операций определен на основании имеющегося опыта практической работы с алгоритмическими моделями.

Равенство АС утверждает совпадение вычислительных схем.

Изоморфизм утверждает, что существует переобозначение переменных в одной из АС такое, что полученные АС будут равны.

Операция объединения АС — это графическое представление подстановки выражений, вычисляющих часть переменных, бывших в исходных АС входными. Если получаемая в результате объединения конструкция не удовлетворяет ограничениям на структуру АС, то результатом операции считается пустая сеть. За исключением учета ограничений на структуру результирующего графа операция подобна соответствующей операции над графами.

Разность АС — это замена части вычислительной схемы на переменные, которые вычисляются в другой АС. Отличается от аналогичной над графами тем, что удаляются только те дуги, которые не связаны с вершинами, остающимися в результирующей АС.

Пересечение АС — выделение одинаковых частей вычислительных схем.

Агрегация, дезагрегация, преобразование выражений в вершине — графическое представление равносильных преобразований над математическими выражениями, не приводящее к разрешению выражений относительно других переменных, отсюда и эквивалентность по реализуемой функции.

Частичное обращение АС — равносильные преобразования, приводящие к разрешению части выражений относительно других переменных, отсюда — эквивалентность по обращению. Допускается выделение части выражений, которые могут быть вычислены на основании заданного множества исходных переменных. Если частичное обращение невозможно, то результат операции пуст.

Операция выделения подграфа АС по заданным множествам расчетных и входных переменных позволяет отобрать из множества выражений вычислительной схемы только те, которые с ними связаны. Возможно получение пустой АС в результате операции.

Для всех введенных операций разработаны алгоритмы реализации, дающие однозначный результат за конечное время. Аналогичные алгоритмы разработаны и для распознавания всех введенных отношений, кроме отношения эквивалентности по реализуемой функции. Верхние оценки сложности алгоритмов в основном являются полиномиальными.

Наиболее часто используемый (но не полный) состав операторов АС приведен в табл. 1.

Таблица 1

Основные операторы АС

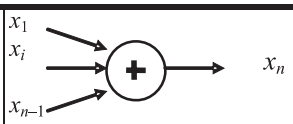
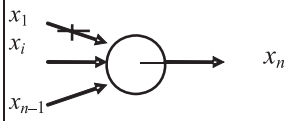
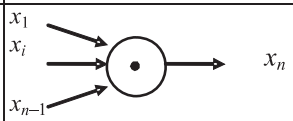
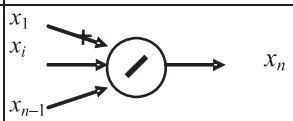
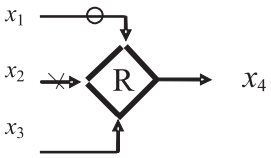
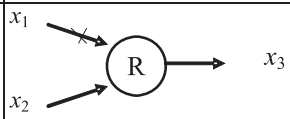
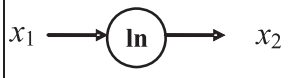
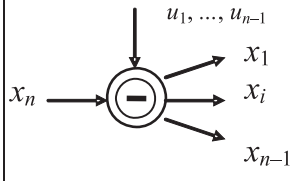
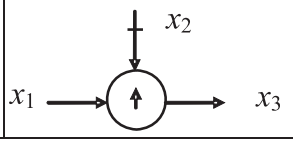
N п/п	Идеограмма	Реализуемое выражение	Примечания
1		$x_n = \sum_{1}^{n-1} x_i$	
2		$x_n = x_1 - \sum_{2}^{n-1} x_i$	Помечено уменьшаемое
3		$x_n = \prod_{1}^{n-1} x_i$	
4		$x_n = x_1 / \prod_{2}^{n-1} x_n$	Помечено делимое
5		$x_2(t+1) = x_1(t)$	t — номер шага моделирования
6		$x_2 = f_t(x_1)$	функция, задаваемая с помощью таблицы
7		$x_4 = \begin{cases} x_2 \Leftarrow x_1 R 0 \\ x_3 \Leftarrow x_1 \rceil R 0 \end{cases}$	⤫ — помечен вход, значение которого присваивается выходу при истинности проверяемого условия; ○ — помечен вход, являющийся условием $R \in \{=, \neq, <, >, \leq, \geq\}$
8		$x_3 = \begin{cases} \mathbf{1} \Leftarrow x_1 R x_2 \\ \mathbf{0} \Leftarrow x_1 \rceil R x_2 \end{cases}$	Помечен вход, стоящий слева от знака отношения $R \in \{=, \neq, <, >, \leq, \geq\}$
9		$x_2 = \ln x_1$	
10		$u_{n-1} = 1 - \sum u_i$ $x_i = x_n * u_1;\ i = 1, n-1$	Оператор условного разлияния (в версии системы 2.0 количество выходов оператора равно 2)
11		$x_3 = x_1^{x_2}$	Помечен показатель степени

Таблица 1.
(*Продолжение*)

12	$x_1 \rightarrow [x] \rightarrow x_2$		округление до ближайшего целого
13	$x_1 \rightarrow \sin \rightarrow x_2$	$x_2 = \sin x_1$	
14	$x_1 \rightarrow \sin^{-1} \rightarrow x_2$	$x_2 = \arcsin x_1$	
15	$x_1 \rightarrow sh \rightarrow x_2$	$x_2 = \frac{e^{x_1} - e^{-x_1}}{2}$	гиперболический синус

Рассмотрим пример реализации в языке алгоритмических сетей простейшей экономической модели на весьма упрощенном сценарии.

Под задаваемый заказ выделяются производственные мощности, оборотные фонды, предприятиям выделяется некоторый первоначальный объем финансовых средств. Объемы производимой продукции, производственные мощности и оборотные фонды исчисляются в базовых ценах, финансовые потоки — в фактических ценах. Фактический выпуск продукции ограничивается возможностями производственных мощностей, наличием оборотных фондов, трудовых ресурсов и объемом заказа. Выпуск продукции состоит из конечной продукции и части, идущей на прирост незавершенного производства (потери не учитываются), незавершенная продукция входит в состав оборотных фондов. Конечная продукция включает фондообразующую продукцию для собственного потребления, продукцию, идущую на прирост оборотных фондов (производимые материалы, комплектующие, сырье, энергия и т. п.), продукцию для собственного потребления в отрасли и продукцию, реализуемую вовне. Будем считать, что вся продукция реализуется и оплачивается. Объем реализуемой продукции в фактических ценах составляет полный объем доходов. После вычета налогов получим фактический доход системы, который совместно с остатком средств от прошлого периода дает полный объем финансовых средств. Финансовые средства отрасли расходуются на оплату труда, а также на покупку комплектующих, материалов, сырья, энергии, фондообразующей продукции, не производимых в отрасли. Внутренние расчеты между предприятиями отрасли не учитываются. Пополнение оборотных фондов и производственных мощностей осуществляется за счет собственного производства и за счет покупки; покупка ограничивается наличными средствами, выделенными на покупку ресурса данного вида и наличием данного ресурса на рынке. Не вся фондообразующая продукция, поступающая на обновление фондов в данный период (часть фондов каждый период выводится), переходит в производственные мощности. Данный сценарий весьма упрощен, но он служит только для иллюстрации возможностей системы.

Математические выражения, описывающие модель.

В скобках приводится идентификатор переменной в модели, временно́й индекс t ставится только для переменных, учитываемых не в одном периоде, t — номер периода. Наименование используемых переменных приводится только один раз, когда переменная встречается впервые. Алгоритмическая сеть модели приводится на рис. 2.

1. M(t)= M(t-1)*(1-двм)+ДФПМ*(КП*ДФОП+min(НФОПР, Ф(t-1)*ДФВМ/ЦФОП)),

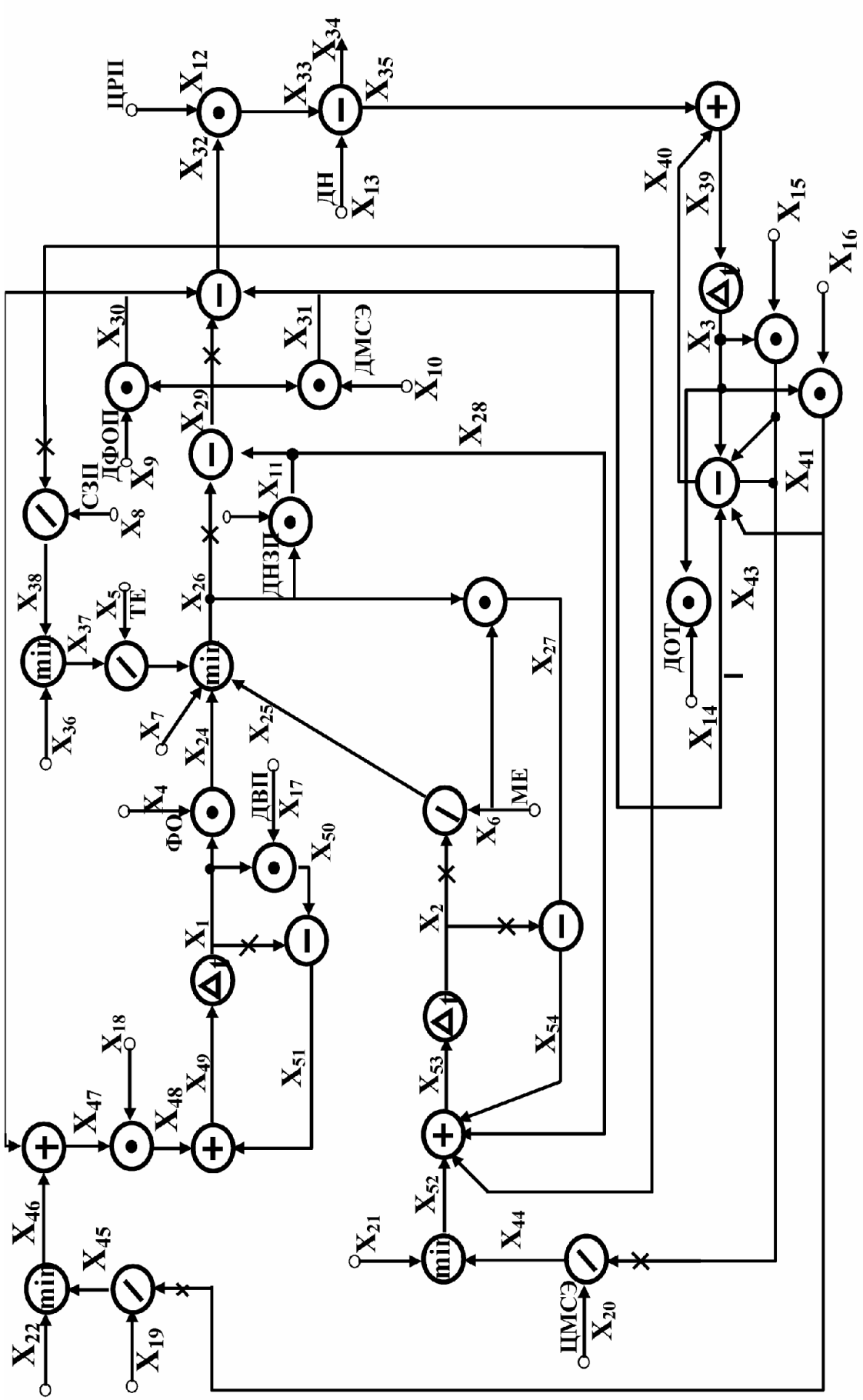


Рис. 2. Алгоритмическая сеть модели анализа выполнения заказа

где: M(t), M(t-1) — мощности на конец и на начало периода (x_{49}, x_1);

ДВМ — доля вывода фондов (x_{17});

ДФПМ — доля фондообразующего продукта, переходящего в производственные мощности (x_{18});

КП — конечная продукция (x_{29});

ДФОП — доля фондообразующей продукции в конечной продукции (x_9);

НФОПР — наличие фондообразующего продукта на рынке (x_{22});

Ф(t-1) — финансы отрасли на начало периода (x_3);

ДФВМ — доля, выделяемая на восстановление мощностей в финансах отрасли (x_{16});

ЦФОП — цена покупаемого фондообразующего продукта (x_{19}).

2.ОФ(t)=ОФ(t-1)-В*(МЕ-ДНЗП)+КП*ДМСЭ+min(НМСЭР, Ф(t-1)*ДФМСЭ/ЦМСЭ),
где: ОФ(t), ОФ(t-1) — оборотные фонды на конец и начало года (x_{53}, x_2);

В — фактическое производство продукции (x_{26});

МЕ — материалоемкость (x_6);

ДНЗП — доля незавершенного производства (x_{11});

ДМСЭ — доля комплектующих, материалов, сырья, энергии в конечной продукции (x_{10});

НМСЭР — наличие комплектующих, материалов и тому подобного на рынке (x_{21});

ДФМСЭ — доля, выделяемая на закупку комплектующих, материалов и тому подобного в финансах отрасли (x_{15});

ЦМСЭ — цена покупаемых комплектующих, материалов и т. п. (x_{20}).

3. В=min(ОЗ, M(t-1)*ФО, ОФ(t-1)/МЕ, ТЕ*min(ТР, Ф(t-1)*ДОТ/СЗП)),
где: ОЗ — объем заказа (с учетом продолжения ранее начатых, но незавершенных заказов) (x_7);

ФО — фондоотдача (x_4);

ТЕ — трудоемкость (x_5);

ТР — наличный трудовой ресурс (x_{36});

ДОТ — доля оплаты труда в финансах отрасли (x_{14});

СЗП — средняя зарплата (x_8).

4. КП=В*(1-ДНЗП).

5. РКП=КП*(1-ДФОП-ДМСЭ),
где: РКП — реализуемая продукция (x_8).

6. Д=РКП*ЦРП,
где: Д — полный доход (x_{33});

ЦРП — цена реализуемой продукции (x_{12}).

7. Н=Д*ДН,
где: Н — объем налогов (x_{34});

ДН — доля налогов в доходе отрасли (x_{13}).

8. ДФ=Д*(1-ДН),
где: ДФ — доход, поступающий в отрасль (x_{35}).

9. Ф(t)= Ф(t-1)*(1-ДОТ-ДФВМ-ДФМСЭ)+ +ДФ,
где: Ф(t) — финансы отрасли на конец периода (x_{39}).

Выражения 1, 2, 9 задают так называемые «емкости», в которых накапливаются ресурсы. Состояние этих емкостей во многом определяет состояние всего процесса.

Предлагаемая модель является грубой, но даже ее использование может помочь укрупненно проанализировать сбалансированность заказа или проследить за распределением ресурсов и финансирования для выполнения заказа, что необходимо при обучении студентов-экономистов.

Используя возможности АС к обращению, можно переменную x_{33} (полный доход системы) задать как исходную, тогда цену реализуемой продукции можно определить расчетно. Модель позволяет выявить «узкие места» в процессе выполнения заказа (переменные, определяющие значение выходных переменных вершин с операторами min).

Модель реализована в системе «Когнитрон». В системе предусмотрены три режима работы:

— создание вычислительной схемы модели;

— подготовка данных для проведения вычислительного эксперимента;

— проведение вычислительного эксперимента.

Создание вычислительной схемы модели осуществляется при помощи граф-редактора. Экранная форма граф-редактора системы с фрагментом модели приведена на рис. 3.

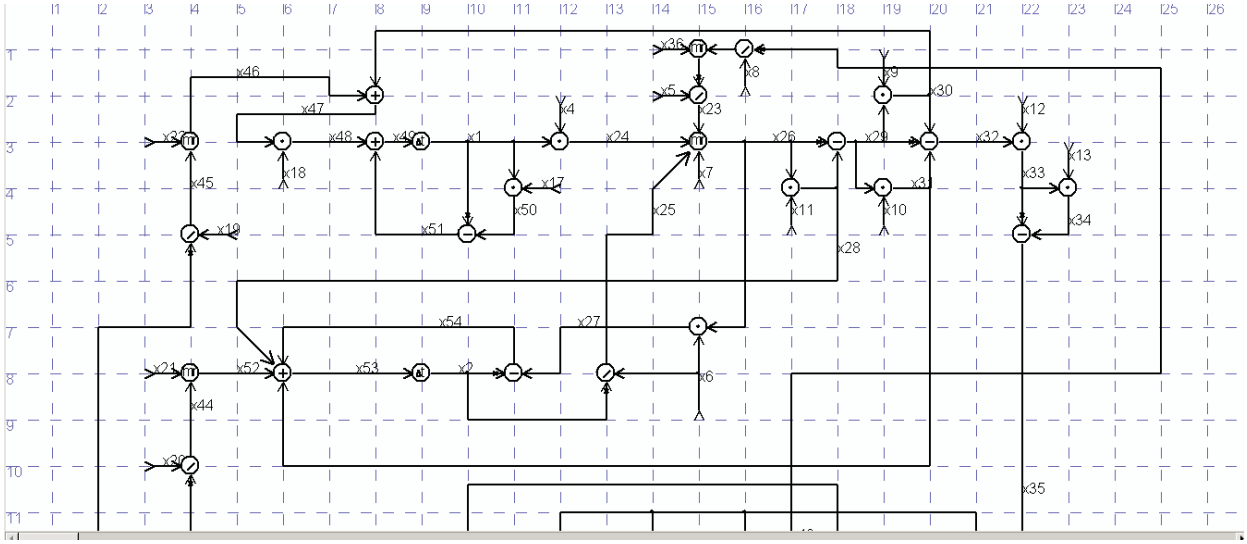


Рис. 3. Экранная форма граф-редактора

Граф-редактор позволяет выделять части АС в других моделях и переносить их в создаваемую модель или вводить элементы АС вручную, обеспечивает синтаксический контроль создаваемой АС. В режиме подготовки данных осуществляется их ввод с использованием (если это необходимо) интерполяции и экстраполяции. В режиме вычислительного эксперимента осуществляется расчет по модели, коррекция исходных данных для проведения многовариантных расчетов, задание и анализ допустимых границ переменных, анализ влияющих на результат входных переменных, если необходимо частичное обращение сети.

Использование системы автоматизации моделирования позволяет получить многовариантные расчеты по модели, оперативно внести изменения в модель и развить необходимые навыки анализа экономической ситуации у студентов.

Состоявшийся опыт межкафедрального обмена знаниями и идеями в области автоматизации моделирования можно считать вполне успешным, на наш взгляд, его следует продолжить не только на кафедральном (межкафедральном) уровне, но и распространить в целом, включив подобные семинары в план работы аспирантуры.

Список литературы

1. *Бабурин В. А.* Экономико-математические методы и модели в управлении водным транспортом. Системы массового обслуживания / В. А. Бабурин, Т. И. Полянская, И. Д. Шилкина. — СПб.: СПГУВК, 2009.

2. *Иванищев В. В.* Введение в теорию алгоритмических сетей / В. В. Иванищев, В. Е. Марлей. — СПб.: СПбГТУ, 2000.

3. Система автоматизации «Когнитрон» / В. П. Морозов, В. В. Михайлов, В. В. Тубольцева [и др.] № 9526; ФАО ФГНУ «Государственный координационный центр отраслевой ФАП». — Заявл. 21.12.2007.

ЖУРНАЛ университета водных коммуникаций

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК (621.01/.03) 519.2

А. В. Одерышев,
канд. техн. наук,
СПГУВК

ОЦЕНКА РИСКА: ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНОСТЕЙ

THE RISK ANALYSIS: THE REVIEW OF EXISTING METHODS OF IDENTIFICATION OF DANGERS

В статье рассмотрены основные методики идентификации опасности, используемые при анализе риска.

In article the basic methods of identification the dangers used at the analysis of risk are considered.

Ключевые слова: анализ риска, идентификация опасностей, опасность, опасный производственный объект.

Key words: risk analysis, identification of dangers, the danger, dangerous industrial object.

ПОСРЕДСТВОМ проведения анализа риска предпринимаются попытки ответить на три основных вопроса:

— что может выйти из строя (идентификация опасности);

— с какой вероятностью это может произойти (анализ частоты);

— каковы последствия этого события (анализ последствий)?

Методика анализа риска, разработанная ФС ЭТАН для специалистов организаций, осуществляющих проектирование и эксплуатацию опасных производственных объектов (ОПО), в том числе объектов, на которых используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, экспертных и страховых организаций, разработчиков деклараций промышленной безопасности и специалистов в области анализа риска, изложена в [11]. Анализ риска аварий на ОПО является составной частью управления промышленной безопасностью и позволяет обеспечить требуемый уровень безопасности на различных стадиях жизни ОПО.

При выборе методов анализа риска следует учитывать цели, задачи анализа, сложность рассматриваемых объектов, наличие необходимых данных и квалификацию привлекаемых для проведения анализа специалистов. Следует иметь в виду, что на разных этапах жизненного цикла изделия (инвестиции или предпроектные работы, ввод/вывод из эксплуатации, эксплуатация или реконструкция) цели анализа риска различны.

Приоритетными в использовании являются методические материалы, согласованные или утвержденные ФС ЭТАН или иными федеральными органами исполнительной власти.

Рекомендации по выбору методов анализа риска для различных этапов функционирования ОПО представлены в Приложении 2 к [11].

Процесс проведения анализа риска включает следующие основные этапы: планирование и организацию работ; **идентификацию опасностей**; оценку риска; разработку рекомендаций по уменьшению риска.

Опасности могут быть отнесены к следующим четырем основным категориям:

а) *природные опасности* (наводнения, землетрясения, ураганы, молния и т. д.);

б) *технические опасности*, источниками которых являются промышленное обору-

дование, сооружения, транспортные системы, потребительская продукция, пестициды, гербициды, фармацевтические препараты и т. п.;

в) *социальные опасности*, источниками которых являются вооруженное нападение, война, диверсия, инфекционное заболевание и т. д.;

г) *опасности, связанные с укладом жизни* (злоупотребление наркотиками, алкоголь, курение и т. д.) [6].

В ряду вышеприведенных опасностей необходимо выделить следующие, которые требуется подвергнуть детальному анализу.

Природные опасности

Оценка опасности возникновения геофизических воздействий в литосфере, гидросфере и атмосфере должна проводиться на основе использования опубликованных и фондовых данных о состоянии природной среды, материалов комплексных инженерных изысканий, включающих прогноз взаимодействия проектируемых объектов с окружающей средой, и исходных данных для разработки предпроектной и проектной документации в соответствии с требованиями [12; 13; 14].

Технические опасности

Все возможные опасности, опасные ситуации и события, связанные с эксплуатацией машин (оборудования), должны быть идентифицированы. В приложении к [5] приводятся примеры, способствующие процессу идентификации.

Основные задачи этапа *идентификации опасностей* — выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации.

При идентификации следует определить, какие элементы, технические устройства, технологические блоки или процессы в технологической системе требуют более серьезного анализа и какие представляют меньший интерес с точки зрения безопасности.

Для решения поставленной задачи должны быть идентифицированы опасности, являющиеся причиной риска, а также пути, по которым эти опасности могут реализовываться.

Известные опасности (возможно, имевшие место при предыдущих авариях) должны быть четко и точно определены. Для идентификации опасностей, не учитываемых ранее при проведении анализа, должны применяться формальные методы [6].

Идентификация опасности предполагает систематическую проверку исследуемой системы с целью идентификации типа присутствующих неустранимых опасностей и способов их проявления. *Методы идентификации опасности* делятся на три категории:

а) сопоставительные методы, примерами которых являются ведомости проверок, индексы опасностей и обзор данных эксплуатации;

б) фундаментальные методы, которые построены таким образом, чтобы стимулировать группу исследователей к использованию прогноза в сочетании с их знаниями по отношению к задаче идентификации опасностей путем постановки ряда вопросов типа «а что, если ... ?». Примерами данного типа методологии являются исследования опасности и связанных с ней проблем (HAZOP), а также анализ видов и последствий отказов (FMEA);

в) способы индуктивного подхода, такие как логические диаграммы возможных последствий данного события (логические диаграммы «дерева событий»).

Что — если? — метод, заключающийся в розыгрыше возможных сценариев аварийных ситуаций путем постановки вопроса типа «что, если произойдет такое-то событие?» Данный метод не упорядочен, возможны пропуски важных (для анализа опасностей) ситуаций, но он хорошо дополняет метод PHA в процессе исследования опасности внешних воздействий.

PHA (preliminary hazard analysis) — метод предварительного анализа угроз, заключающийся в изучении источников энергии, источников опасности и наличия инициирующих событий, при которых высвобождаемая энергия приводит к выходу из-под контроля опасных материалов. Этот метод удобен на начальной стадии проектирования, когда еще нет детальной информации об объекте. Метод позволяет упорядоченным образом достаточно полно выявить угрозы опасных ситуаций, опасные зоны. Для этого разыгрываются все варианты взаимодействия источников энергии и источников опасности в предположении

наличия исходного (инициирующего) события. Получающийся перечень угроз подлежит дальнейшему количественному анализу.

Исследование **HAZOP** (**исследование опасности и работоспособности**) направлено на идентификацию всех опасностей и проблем, возникающих при эксплуатации системы, независимо от их типа или последствий. Исследование HAZOP дает возможность провести исследование опасностей за более короткий срок с меньшими затратами усилий [7].

Анализ видов и последствий отказов (**FMEA**) является методом систематического анализа системы для идентификации видов потенциальных отказов, их причин и последствий, а также влияния отказов на функционирование системы (системы в целом или ее компонентов и процессов). В некоторых случаях FMEA также включает оценку вероятности возникновения видов отказов. Это расширяет анализ.

Анализ может быть начат, как только система будет представлена в виде функциональной блок-схемы с указанием ее элементов.

До применения FMEA необходимо провести иерархическую декомпозицию системы на основные элементы. Полезно использовать простые блок-схемы, иллюстрирующие декомпозицию. Примеры и методика декомпозиции системы приведены в [9]. Анализ при этом начинают с элементов самого нижнего уровня системы. Последствие отказа на нижнем уровне может стать причиной отказа объекта на более высоком уровне. Анализ проводят снизу вверх по восходящей схеме, пока не будут определены конечные последствия для системы в целом.

В общем случае FMEA применяют к отдельным видам отказов и их последствиям для системы в целом. Каждый вид отказа рассматривают как независимый. Таким образом, эта процедура не подходит для рассмотрения *зависимых отказов или отказов, являющихся следствием последовательности нескольких событий*. Для анализа таких ситуаций необходимо применять другие методы, такие как марковский анализ [10] или анализ дерева неисправностей [8].

При определении последствий отказа необходимо рассмотреть отказы более высокого уровня и отказы того же уровня, возникшие в результате произошедшего отказа. Анализ должен выявить все возможные комбинации видов отказов и их последовательностей, которые могут быть причиной последствий видов отказа на более высоком уровне. В этом случае необходимо дополнительное моделирование для оценки тяжести или вероятности возникновения таких последствий.

В процессе анализа последствия отказа, идентифицированного на более низком уровне, могут стать видами отказов для более высокого уровня системы. Виды отказов на более низком уровне системы могут стать причинами отказов на более высоком уровне системы и т. д.

Отчет о последствиях отказов должен быть основан на перечне последствий отказов системы в целом и должен содержать детали видов отказов, влияющих на каждое последствие отказа. Вероятность вычисляют за установленный период времени функционирования объекта, а также для ожидаемых параметров использования и нагрузок. Вероятность появления каждого вида отказа определяют по методикам, представленным в [1; 2; 3], и др.

Отчет должен также содержать краткое описание метода анализа и уровня, на котором он был проведен, используемые предположения и основные правила. Кроме того, он должен включать перечни:

а) видов отказов, которые приводят к серьезным последствиям;

б) рекомендаций для проектировщиков, персонала технического обслуживания, планировщиков и пользователей;

в) изменений проекта, которые выполнены в результате FMEA;

г) последствий, которые устранены в результате общих изменений проекта.

FMECA (**анализ видов, последствий и критичности отказов**) расширяет FMEA и включает методы ранжирования тяжести видов отказов, позволяет установить приоритетность контрмер. Сочетание тяжести последствий и частоты возникновения отказов является мерой, называемой критичностью.

Порядок проведения и общие методические принципы анализа видов, последствий

отказов (FMEA), а также анализа видов, последствий и критичности отказов (FMECA) технических объектов (систем) всех видов приведены в [4, 6].

Для анализа надежности недостаточно рассмотреть только случайные и независимые отказы, поскольку могут произойти отказы общей причины. Например, причиной нарушения функционирования системы или ее отказа может быть одновременное нарушение работы нескольких компонентов системы. Это может быть следствием ошибки в конструкции (неоправданное ограничение допустимых значений компонентов), воздействия окружающей среды (молния) или человеческой ошибки.

Наличие отказов общей причины **(Common Cause Failure (CCP))** противоречит предположению о независимости видов отказов, рассматриваемых FMEA. Наличие CCP предполагает возможность появления более одного отказа одновременно или в пределах достаточно короткого промежутка времени и соответствующее появление последствий одновременных отказов.

Как правило, источниками CCP могут быть: конструкция; производство (нарушения технологии); окружающая среда (электрические помехи, циклическое воздействие температуры, вибрация); человеческий фактор (неправильная работа или неправильные действия по техническому обслуживанию).

FMEA должен поэтому рассматривать возможные источники CCP при анализе системы, в которой использовано резервирование, или большое количество объектов для смягчения последствии отказа.

CCP — результат события, которое из-за логических зависимостей вызывает одновременное состояние отказа в двух или более компонентах (включая зависимые отказы, вызванные последствиями независимого отказа). Отказы общей причины могут происходить в идентичных составных частях с одинаковыми видами отказов и слабыми местами при различных вариантах сборки системы и могут быть резервированы.

Возможности FMEA для анализа CCP весьма ограничены. Однако FMEA — процедура последовательного изучения каждого вида отказа и связанных с ним причин, а также идентификации всех периодических испытаний, профилактического технического обслуживания и т. д. Этот метод позволяет исследовать все причины, которые могут вызвать CCP.

Полезно использовать комбинацию нескольких методов для предотвращения или смягчения последствий CCP (моделирование системы, физический анализ компонентов), в том числе: функциональное разнообразие, когда избыточные ветви или части системы, выполняющие одну и ту же функцию, неидентичны и имеют различные виды отказов; физическое разделение, позволяющее устранить влияние экологических или электромагнитных воздействий, вызывающих CCP и т. д. Обычно FMEA предусматривает экспертизу предупреждающих CCP мер.

Для предотвращения или сокращения некоторых человеческих ошибок необходимы специальные разработки. Некоторые виды человеческих ошибок должны быть исследованы с применением «дерева неисправностей» системы [8].

Анализ диаграммы всех возможных последствий несрабатывания или аварии системы (анализ «дерева неисправностей» (FTA))

FTA представляет собой совокупность приемов качественных или количественных, при помощи которых выявляются методом дедукции, выстраиваются в логическую цепь и представляются в графической форме те условия и факторы, которые могут способствовать определенному нежелательному событию (называемому вершиной событий). Неисправностями или авариями, идентифицируемыми в «дереве», могут быть события, связанные с повреждениями механической конструкции компонента, ошибками персонала или любыми другими событиями, которые влекут за собой нежелательное событие. Начиная с вершины событий выявляются возможные причины или аварийные состояния следующего, более низкого функционального уровня системы. Последующая поэтапная идентификация нежелательного функционирования системы в направлении последовательно снижающихся уровней системы приводит к искомому уров-

ню системы, которым является аварийное состояние компонента.

FTA предоставляет возможность подхода, который является в высокой степени системным, но в то же время достаточно гибким для того, чтобы обеспечить возможность анализа множества факторов, включая взаимодействия людей и физические явления. Применение подхода по принципу «сверху вниз», неявного по своей методике, концентрирует внимание на тех воздействиях неисправности или аварии, которые имеют непосредственное отношение к вершине событий. Это представляет собой определенное преимущество, несмотря на то что может стать и причиной утраты тех воздействий, которые являются существенно важными где-нибудь еще. FTA особенно полезен для анализа систем с множеством областей контакта и взаимодействий. Графическое представление приводит к тому, что можно без особого труда понять поведение системы и поведение включенных в него факторов, но поскольку размер «деревьев» зачастую велик, обработка «деревьев неисправностей» может потребовать применения компьютерных систем. Эта отличительная черта также затрудняет проверку «дерева неисправностей».

FTA можно использовать для идентификации опасностей, хотя в первую очередь он используется при оценке риска в качестве инструмента для оценки вероятностей или частот неисправностей и аварий.

Существует также ряд других методов, которые могут использоваться для предварительной оценки риска.

Метод обзора безопасности заключается в ознакомлении с особенностями работы сооружения, характерными для него опасностями, в собеседовании с различными специалистами, в том числе эксплуатирующими сооружение (операторами, управляющим персоналом, инженерами и т. п.), оценке разнообразных мнений с целью выработки обобщенного представления о безопасности объекта. Обычно основное внимание уделяется главным источникам опасности. Метод дает представление о том, на что должны быть направлены главные усилия, но не дает полной объективной картины об опасности установки, так как основан на прошлом опыте и не учитывает опасности редких событий. Как правило, он используется при инспекционных проверках и в лучшем случае позволяет на основе опыта, накопленного в отрасли, скорректировать используемые на объектах меры безопасности для повышения их эффективности.

Метод анализа «по списку» аварийных ситуаций сводится к проверке наличия принятых в проекте решений по предотвращению характерных для данного производства аварий, представленных в виде списка (или требований нормативных документов). Этот метод применяется в нашей стране наиболее часто. Он основан на накопленном опыте эксплуатации подобных производств и сооружений и имеет низкую эффективность, если создается новая технология, не имеющая аналогов. Кроме того, недостатком этого метода является ограниченность накопленного опыта, так как в нем не отражены достаточно редкие события. Данный метод может иметь лишь вспомогательное значение для проверки качества проекта и быть своеобразной подсказкой аналитику, восполняющей недостаточный личный опыт работы в данном производстве. Этот метод рекомендуется использовать на ранних стадиях анализа безопасности сооружения для создания общего представления о характере опасностей, связанных с его эксплуатацией.

Метод относительного ранжирования опасностей заключается в делении изучаемого объекта на независимые участки и установлении их относительной иерархии по степени опасности работ. В процессе анализа выявляются источники опасности (перечень опасных веществ и их количества), особенности технологии, компоновки оборудования и тому подобное, позволяющие выяснить способы реализации опасности, а также масштабы возможных последствий аварий. Недостатком метода является относительный характер и субъективизм оценки опасностей отдельных участков. Кроме того, он также опирается на прошлый опыт и не исключает пропуск специфических видов опасностей. Данный метод также рекомендуется использовать лишь на первых стадиях анализа безопасности соору-

жения для создания общего представления о распределении опасностей, связанных с его эксплуатацией.

Сочетание методов «Что — если?» и проверки по списку объединяет достоинства этих методов и позволяет проводить более упорядоченный (чем по методу «Что — если?» анализ за счет имеющегося списка исходных событий, последствия которых необходимо проанализировать. Эффективность метода зависит от полноты данного списка. Поэтому метод следует рассматривать в качестве вспомогательного при использовании других методов. Он применим на любом этапе анализа безопасности сооружения.

Метод построения «дерева событий» заключается в прослеживании развития событий (начиная от исходного события) с учетом эффективности противодействия систем безопасности вплоть до конечного состояния сооружения. В результате прослеживания всех вариантов развития событий выявляются те конечные состояния, которые расцениваются как аварии. Метод удобен для выявления зависимых (происходящих по общей причине) событий и при анализе последствий таких внешних воздействий, как взрыв, пожар, землетрясение, при которых возможны одновременные отказы нескольких систем безопасности. В то же время он громоздок и потому его обычно применяют для выяснения последствий специфических исходных событий. Имеются компьютеризированные программы построения «дерева событий».

Метод построения «дерева отказов» основан на обратном (по отношению к предыдущему методу) анализе хода развития событий. Процесс анализа начинается с установления вида угрозы (аварии), причины которой необходимо изучить. Анализ ведется методом последовательного раскрытия сочетаний событий, ведущих к тем или другим отказам (включая отказы систем по общей причине), совокупность которых и ведет к аварии. Анализ производится до тех элементарных событий, вероятность которых может быть количественно оценена. Имеются компьютеризированные программы построения «дерева отказов».

Метод причинно-следственного анализа — это метод совместного построения «дерева событий» и «дерева отказов», то есть комбинация двух предыдущих методов, заключающаяся в том, что при обнаружении в «дереве событий» критических ситуаций для установления вероятности отказа системы строится «дерево отказов». Это позволяет установить вероятность развития событий по сценариям, ведущим к авариям. Главная задача метода состоит в установлении связей последствий аварий с их причинами. Метод громоздок.

Метод анализа надежности человека представляет собой систематизированную оценку факторов, влияющих на выполнение или невыполнение персоналом функций управления технологическим процессом. Здесь учитывается ряд задач, включающих выяснение влияния внешних факторов на поведение человека, а также особенностей человека как элемента системы «человек–машина».

Список литературы

1. ГОСТ 27.203-83 «Надежность в технике. Технологические системы. Общие требования к методам оценки надежности».

2. ГОСТ 27.204-83 «Надежность в технике. Технологические системы. Технические требования к методам оценки надежности по параметрам производительности».

3. ГОСТ 27.301-95 «Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения».

4. ГОСТ 27.310-95 «Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения».

5. ГОСТ Р 51333-99 «Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Термины, технологические решения и технические условия».

6. ГОСТ Р 51901.1-2002 «Управление надежностью. Анализ риска технологических систем».
7. ГОСТ Р 51901.11-2005 «Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство» (МЭК 61882-2001).
8. ГОСТ Р 51901.13-2005 «Менеджмент риска Анализ дерева неисправностей».
9. ГОСТ Р 51901.14-2007 «Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы».
10. ГОСТ Р 51901.15-2005 «Менеджмент риска. Применение марковских методов (МЭК 61165-1995)».
11. РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов».
12. СНиП 22-01-95 «Геофизика опасных природных воздействий».
13. СНиП 23-01-99 Строительная климатология (с изм. от 24 декабря 2002 г.).
14. СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах».

УДК 621.3916.656.621

В. М. Журавлев,
аспирант,
СПГУВК

ТРАНКИНГОВАЯ РАДИОСВЯЗЬ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ КАНАЛОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЕРАРХИЧЕСКИХ ТРИАДАХ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

TRUNKED RADIO OF TELECOMMUNICATION CHANNELS FOR INFORMATION-HIERARCHICAL TRIAD ON WATER TRANSPORT

В данной работе рассмотрено влияние случайных факторов, таких как аддитивные и мультипликативные помехи, заграждающий рельеф между транкинговыми береговыми и судовыми радиостанциями, случайное перемещение судовой радиостанции относительно береговой на телекоммуникационные каналы транкинговой радиосвязи.

This work describes the influence of chance factors, such as additive and multiplicative disturbances, obstructing relief between trunked shore and ship radio stations, random movement of ship radio station relative to shore radio station upon telecommunication channels of trunked radio.

Ключевые слова: внутренний водный транспорт (ВВП), корпоративные речные информационные системы (КРИС), речные информационные службы (РИС), автоматические системы управления движением судов (АСУ ДС), транкинговые радиостанции.

Key words: inland water transport, corporative river information systems, river information services (RIS), automatic vessel traffic service, tranked radio stations.

РОССИЙСКАЯ Федерация располагает самой большой в мире сетью внутренних водных путей. В европейской части России функционирует не имеющая аналогов Единая глубоководная система, включающая крупнейшие реки, их притоки и межбассейновые соединения.

Радиосвязь на ВВП существенно отличается от радиосвязи на море по способам ее осуществления и условиям распространения радиоволн. Телекоммуникационные каналы на ВВП подвержены влиянию трех стохастических факторов: во-первых, комплексному воздействию на сигналы совокупности аддитивных (шумы, взаимные, промышленные помехи и др.) и мультипликативных (замирания) помех; во-вторых, влиянию заграждающего рельефа между транкинговыми береговой и

судовой радиостанциями; в-третьих, случайному перемещению судовой радиостанции относительно береговой.

Для решения такой задачи одной из наиболее перспективных и конструктивных в настоящее время является инфокоммуникационная технология, получившая название «Корпоративные речные информационные системы» (КРИС). Отраслевой формой реализации этого класса информационных систем являются организационно-технические образования, получившие название «Речные информационные службы» (РИС). Структурным ядром последних являются «Автоматизированные системы управления движением судов» (АСУ ДС), которые имеют в своем составе различные современные информационные системы телекоммуникаций и мониторинга: системы УКВ-радиосвязи, системы видеонаблюдения и радиолокационного контроля, информационно-диспетчерские службы, в ряде случаев речные региональные спасательно-координационные центры и др. При этом вся структура речной АСУ ДС, как правило, бывает погружена в радионавигационное поле ГЛОНАСС/GPS.

В последние 5–7 лет значительный интерес у всех специалистов водного транспорта для повышения безопасности и эффективности судоходства на ВВП вызывают возможности информационной технологии рубежа XX–XXI вв., получившей название «транкинговая радиосвязь».

Вхождение транкинговой радиосвязи в состав АСУ ДС предполагает не только наличие на судах и у лоцманского корпуса соответствующих радиостанций, но и, прежде всего, оборудования берегового сегмента, состоящего в первую очередь из цепи транкинговых береговых станций, включающей базовые станции (БС), симплексные и дуплексные репитеры, а также сети передачи данных транкинговой радиосвязи в структурах АСУ ДС и РИС.

Целью данной работы является исследование дальности и зон действия транкинговых радиостанций с учетом влияния указанных стохастических факторов, что позволит рационально определять топологическую структуру таких зон на речных судоходных путях.

Известно, что среди класса транкинговых радиостанций определенное место занимают аналоговые средства типа Smartrunk II и др. Для случая передачи аналоговых сообщений оптимальный радиус зон действия базовых станций R^{opt} имеет вид

$$R^{opt} = \arg\max P\{U_s > U_{pr}\}, \quad R \in [0, R_{\text{пред.}}] \qquad (1)$$

где $P\{\bullet\}$ — вероятность события $\{\bullet\}$; U_s — уровень принимаемого сигнала; U_{pr} — заданный минимальный уровень принимаемого сигнала

$$U_{pr} = \alpha_з U_{sens}. \qquad (2)$$

Здесь U_{sens} — чувствительность приемника; $\alpha_з$ — заданное превышение U_{pr} над U_{sens}, обычно $\alpha_з = 1 \div 3$, наконец, $R_{\text{пред}}$ в (1) определяется соотношением

$$R_{\text{пред[км]}} = 3{,}57\left(\sqrt{h_{1[\text{м}]}} + \sqrt{h_{2[\text{м}]}}\right), \qquad (3)$$

где коэффициент перед круглой скобкой становится равным 4,12 при наличии нормальной рефракции УКВ радиоволн, h_1 и h_2 — высоты передающей и приемной антенны в метрах на линии береговая (базовая)–судовая радиоустановки.

Для наиболее общего случая $P\{U_s > U_{pr}\}$ может быть определена как вероятность наступления трех следующих событий: расстояние между корреспондентами не превышает предельно допустимого $R_{\text{пред}}$ при работе на ровной поверхности Земли; случайный рельеф между корреспондентами не превышает высоты первой зоны Френеля ($\eta < в_1$); ожидаемый уровень сигнала при обязательном выполнении предыдущих условий превышает $U_{\text{пр}}$.

Следовательно:

$$P\{U_s > U_{pr}\} = P\{R < R_{\text{пред}}\} \bullet P\{\eta < в_1\} \bullet$$
$$\bullet\, P\{U_s > U_{pr} / R < R_{\text{пред}}; \eta < в_1\}. \qquad (4)$$

Соотношения (1) и (4) представляют собой общую структуру алгоритма оптимизации топологии аналоговой информационной системы АСУ ДС.

Аналитическое содержание входящих в (4) вероятностей определяется соответствующей используемой вероятностной моделью (табл. 1).

Таблица 1

Вероятностные модели информационных каналов

Фактор / Модель	1.1	1.2	1.3
	Канал связи «БС–судовой транспондер	**Заграждающий рельеф**	**Перемещение транспондера относительно БС**
1	Четырехпараметрическая модель	Модель нормального закона	Модель равномерного закона
2	Трехпараметрическая модель Бекмана	Модель равномерно-заграждающего рельефа	Модель закона Рэлея
3	Двухпараметрическая модель Райса–Рэлея	Модель показательного закона	Модель закона Максвелла
4	Однопараметрическая модель Рэлея		
5	Модель канала с постоянными параметрами		

Рассмотрим самостоятельные, имеющие важное прикладное значение примеры решения задачи оптимизации зон и радиусов действия береговых транкинговых радиостанций, работающих в диапазоне 156–162 МГц. Вместе с тем следует понимать, что определенное внимание при создании АСУ ДС должно быть уделено и каналам речной подвижной службы 300–336 МГц, а также сопоставительному анализу топологии зон действия береговых транкинговых радиостанций указанных диапазонов.

В рассматриваемой ситуации региона Волгобалт, Волгодон, Азов–Ростов наиболее типичными являются закон Максвелла с одномерной плотностью вероятности для взаимного перемещения судового приемника относительно береговой станции:

$$W(R)=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\frac{R^2}{\sigma^3}\exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right),\ R\geq 0, \qquad (5)$$

где $\sigma^2=\frac{\pi}{8}R_{ср}^2$, $R_{ср}$ — среднее значение R.

А также показательный (экспоненциальный) закон с одномерной плотностью вероятности, определяющий влияние заграждающего рельефа между корреспондентами:

$$W(H)=\alpha\cdot e^{-\alpha H},\ H\geq 0, \qquad (6)$$

где $\alpha = 0{,}01 \div 0{,}1$ — параметр распределения высот.

Тогда в соответствии с (4) для алгоритма оптимизации (1) вероятность:

$$P\{R<R_{пред}\}=\int_0^{R_{пред}}W(R)dR=\frac{2}{\pi}\cdot\gamma\left(\frac{3}{2};\frac{R_{пред}^2}{2\sigma^2}\right) \qquad (7)$$

Здесь $\gamma(\alpha, y)$ — неполная гамма-функция.

После преобразований получим следующее компактное и весьма удобное для анализа и расчетов выражение

$$P\{R<R_{пред}\}=\Phi\left(\frac{\delta}{\sqrt{2}}\right)-\frac{2}{\sqrt{\pi}}\cdot\delta\cdot\exp(-\delta^2), \qquad (8)$$

где $\Phi(x)=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^x\exp\left(-\frac{t^2}{2}\right)dt$ — функция Крампа (интеграл вероятности), хорошо табулированная в

$$\delta=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\cdot\frac{R_{пред}}{R_{ср}} \qquad (9)$$

На рис. 4 по формуле (8) построены зависимости вероятности $P\{R<R_{пред}\}$ от R. Значение предельной дальности связи определяется соотношением (3):

Значения этих высот относительно кривых рис. 1 представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значение предельных дальностей связи

№ кривой	h_1[м]	h_2[м]	$R_{пред}$[км]
1	10	10	22,58
2	15	30	33,38
3	15	50	39,08

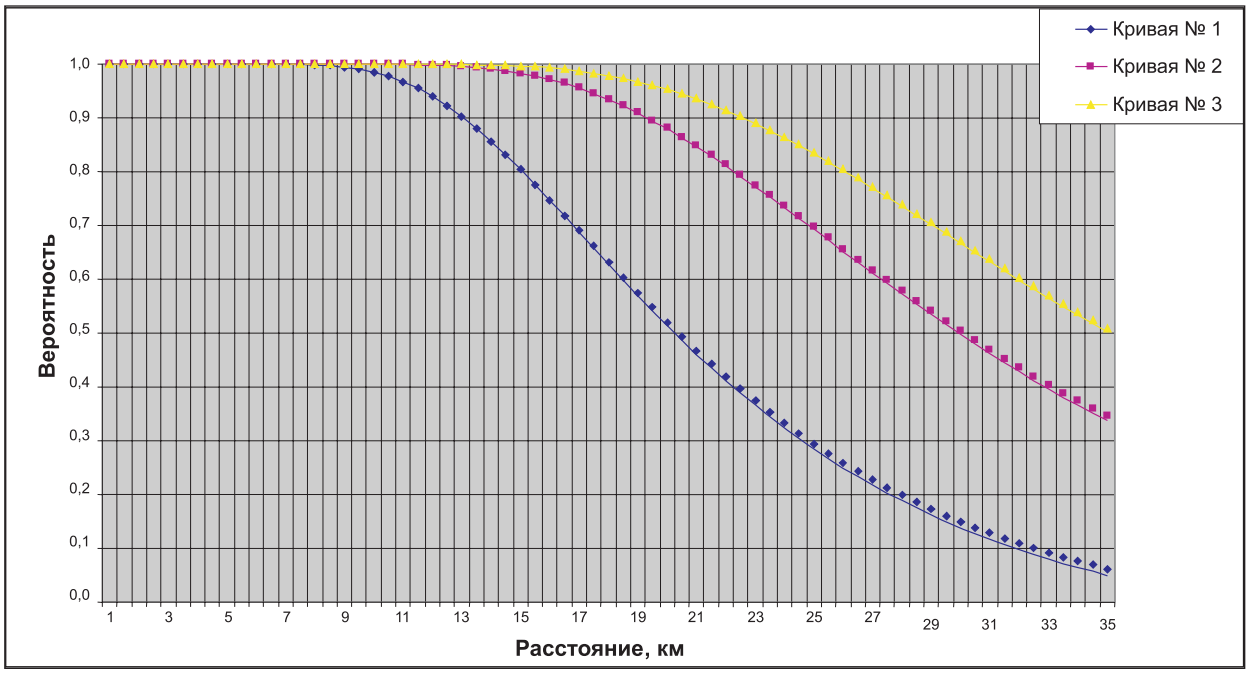


Рис. 4. Зависимость дальности связи от высот антенн

Для нахождения вероятности $P\{\eta < b_1\}$ воспользуемся плотностью распределения высот H случайного рельефа, вид которой зависит от рассматриваемого географического района.

Для районов Волгобалта, Волгодона, Азова–Ростова наиболее близким к фактическому является показательный закон (6).

Тогда справедливо соотношение:

$$P\{\eta < b_1\} = \int_0^{\infty} F_{\eta}(b_1) W(b_1) db_1, \qquad (10)$$

где $F_{\eta}(b_1)$ — интегральная функция распределения высот рельефа, вычисляемая по (6) для $H \le b_1$; $W(b_1)$ — плотность вероятности радиуса 1-й зоны Френеля (5) при

$$b_1 = \frac{1}{2}\sqrt{\lambda R/3}, \qquad (10a)$$

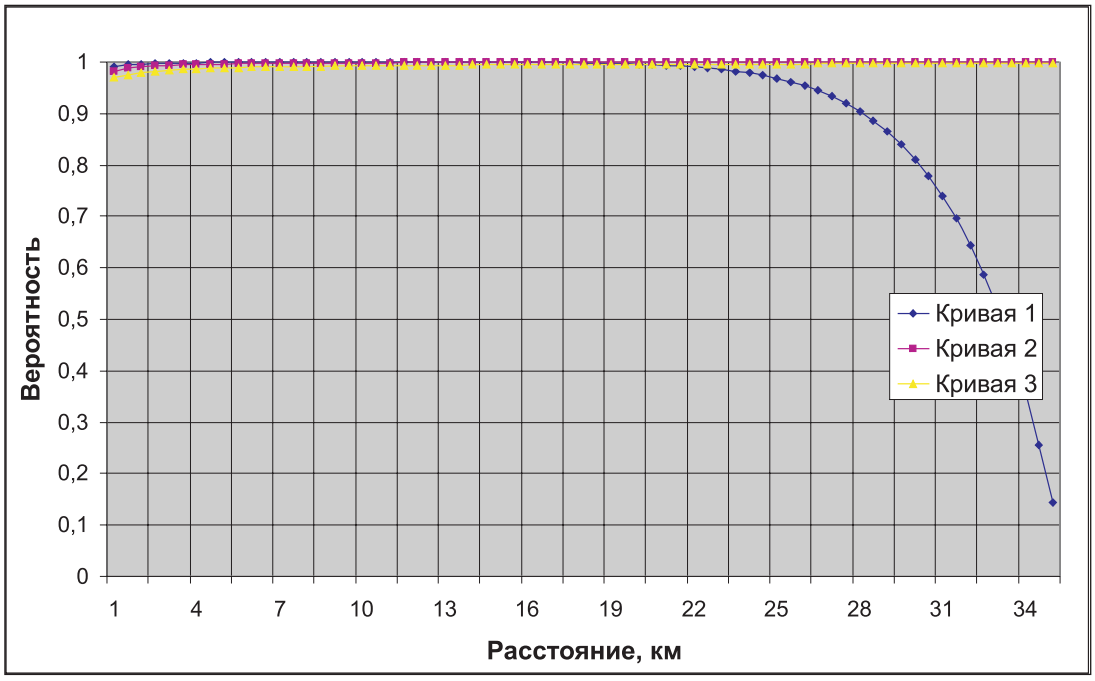


Рис. 5. Зависимость P от α_H

что соответствует определению величины 1-й зоны Френеля на середине радиотрассы; λ — длина волны.

После преобразований окончательно получим:

$$P\{\eta < b_1\} = 1 - \frac{\theta^{\frac{1}{4}}}{\sqrt{\pi}} \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^{\kappa} \cdot \frac{\alpha_H^{\kappa} \cdot \Gamma\left(\frac{k+5}{4}\right)}{k!\theta^{\frac{k}{4}}}, \qquad (11)$$

где Γ(γ) — полная гамма-функция, $\theta = \frac{2^5 \cdot 3^2}{\pi \cdot \lambda^2}$.

В этом разложении всегда можно ограничиться конечным числом членов знакопеременного ряда, причем ошибка не превышает по абсолютной величине первого из отброшенных членов. На рис. 5 представлены построенные по (11) зависимости $P\{\eta < b_1\}$ от R. Для параметра α_H взяты его значения: кривой *1* соответствует α = 0.10, кривой *2* — $\alpha_H = 0.05$, а кривой *3* — $\alpha_H = 0.01$.

Вероятность $P\{U_s > U_{pr} R < R_{\text{пред}}\ \eta < b_1\}$ в (4) определяется соотношением

$$P\{U_s > U_{pr} / R < R_{\text{пред}}\ \eta < b_1\} = 1 - \int_0^{U_3} W(U_c) dU_c, \qquad (12)$$

где распределения уровня принимаемого сигнала в случае прямого радиолуча определяются как:

$$W(U_c) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{A}{\sigma^3 U_c} \exp\left(-\frac{A}{2\sigma^2 U_c}\right)\left(\frac{\sqrt{A}}{2\sqrt{U_c^3}}\right). \qquad (13)$$

Здесь σ определена в (5) и кроме того:

$$A = \left[P_u \cdot G_1 \eta_1 \cdot G_2 \cdot \eta_2 \cdot Z_{\text{BX}} \left(h_1^2 + h_0^2\right)\left(h_2^2 + h_0^2\right)\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad (14)$$

причем h_0 — минимальная эффективная высота антенны в метрах, определяемая для параметров средних между сухой и влажной почвой; P_U — мощность излучения передатчика; Z_{BX} — входное сопротивление приемника; G_1 и G_2 — соответственно коэффициенты усиления приемной и передающей антенн; η_1 и η_2 — соответственно коэффициенты полезного действия систем передачи энергии от передатчика к передающей антенне и от приемника к приемной антенне.

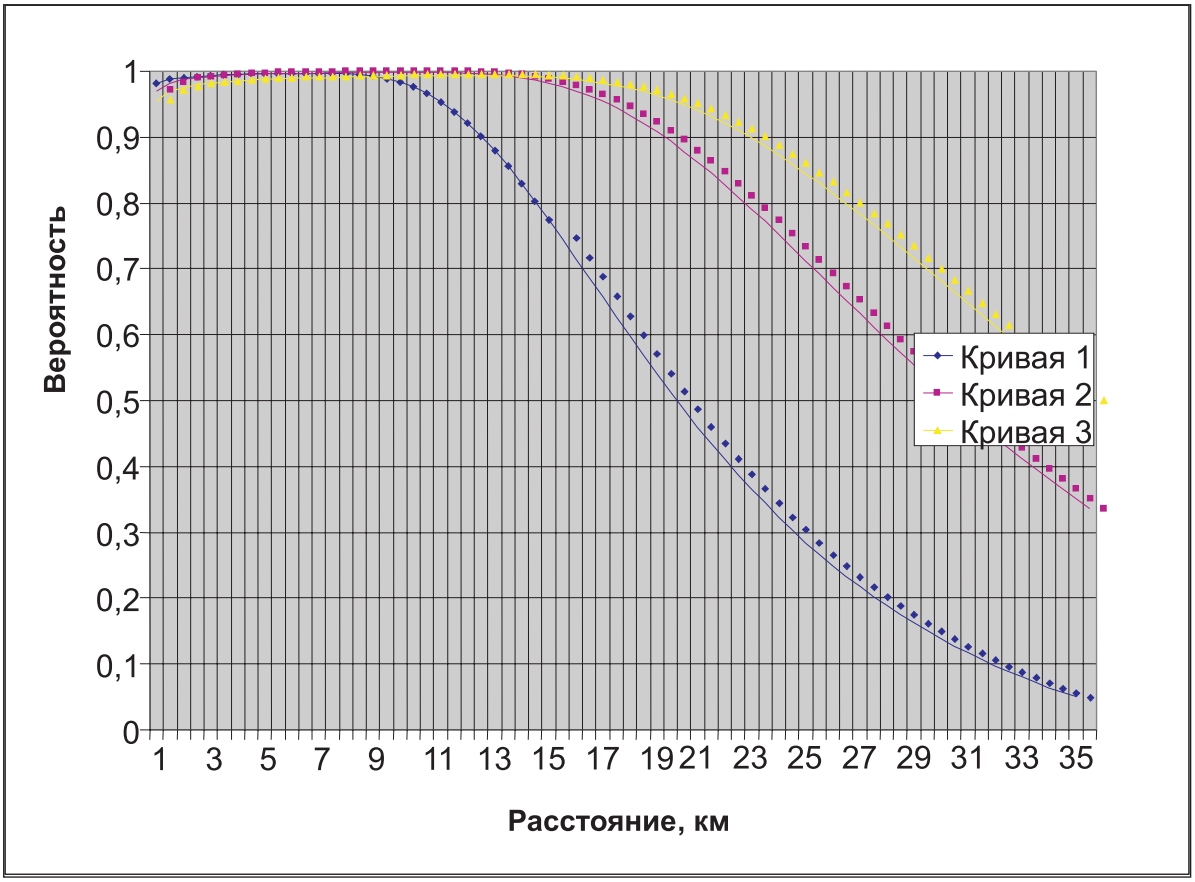


Рис. 7. Зависимость результирующей вероятности ошибки *P* от радиуса зоны действия транкинговой радиостанции



Рис. 6. Зоны действия транкинговой радиосвязи

После преобразований (12), окончательно получим

$$P\{U_s > U_{pr} / R < R_{\text{пред}} \eta < b_1\} = \Phi\left(\frac{\beta}{\sqrt{2}}\right) - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\beta \cdot e^{-\beta^2}, \quad (15)$$

где $\beta = A/2\sigma^2 U_{pr}$, а величина U_{pr} определена по (2).

Для следующих параметров транкинговой радиостанции $G_1 = G_2 = 1$; $\eta_1 = \eta_2 = 0{,}9$; $Z_{\text{ВХ}} = 75$ Ом; $U_{\text{ВХ}} = 0{,}22$ мкВ, $h_0 = 5$ м, $P_u = 25$ Вт превышение сигнала над шумом $\alpha_3 = 3$ длина волны $\lambda = 2$ м (150 МГц), вероятность $P\{U_s > U_{pr} / R < R_{\text{пред}}\ \eta < b_1\}$ на всем протяжении от 0 до $R_{\text{пред}}$ близка к единице.

Соотношения (8), (11), (15) с учетом (4) позволяют решить задачу оптимизации, представленную в (1). Такое решение может быть получено путем численных расчетов на ПК с последующим построением функциональных зависимостей вероятности (4) от R и нахождением значений R, соответствующих максимуму этой вероятности.

Для иллюстрации этого положения на рис. 7 представлены результаты демонстрационного расчета $P\{U_s > U_{pr}\}$ от R. Соответствие кривых на рис. 7 значениям параметров приемопередатчиков и рельефа показано в табл. 4. В данном расчете принято $\alpha = 3$, $\lambda = 2$ м (150 МГц), $h_0 = 5$ м, $Z_{\text{ВХ}} = 75$ Ом, $U_{\text{ВХ}} = 1{,}0$ мкВ, $G_1 = G_2 = 1$, $\eta_1 = \eta_2 = 0{,}9$.

Таблица 4

Соответствие кривых параметрам канала

№ кривой	α_H	h_1[м]	h_2[м]	P_U(Вт)
1	0,1	10	10	15
2	0,05	15	30	20
3	0,01	15	50	45

В соответствии с значениями кривой *1* на рис. 8 построена топологическая структура зон действия транкинговых радиостанций типа Smartrunk II. Зеленым цветом показаны зоны, соответствующие вероятности $P = 0{,}8$, а синим вероятности $P = 0{,}6$.

Список литературы

1. *Доровских А. В.* Сети связи с подвижными объектами / А. В. Доровских, А. А. Сикарев. — Киев: Техника, 1989. — 158 с.

2. Библиотека математических таблиц / под ред. А. С. Барк; ВЦ АН СССР. — М., 1970. — Т. II: Таблицы вероятности функций.

3. *Красников В. В.* Особенности использования модели закона Максвелла при расчете дальности и зон действия речных АИС / В. В. Красников, Ю. В. Петухов, А. А. Сикарев // Информост. Радиоэлектроника и коммуникации. — М., 2006. — Вып. 4 (46).

УДК 59.03.05

Г. Н. Ульянов,
д-р техн. наук, профессор,
Михайловская военная артиллерийская академия;

С. В. Колесниченко,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

С. А. Иванов,
канд. техн. наук,
Михайловская военная артиллерийская академия

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

DEVELOPMENT OF RELATIVE NAVIGATION SYSTEMS

В статье излагаются некоторые вопросы по развитию и совершенствованию систем локальной (относительной) навигации применительно к решению актуальных задач современными и перспективными потребителями.

The article reflects some main problems of substantiation and working out systems of navigation and time securing for high-dynamic object. The authors propose conceptual, circuit, technical and constructive solutions to increase the possibilities of the control systems by means of using the factors of alternative navigational systems.

Ключевые слова: радионавигационные системы, система управления высокодинамичным объектом, комплексирование, альтернативные навигационные системы, точность определения параметров.

Key words: radionavigation systems, control system of high-dynamic object, complexation, alternative navigational systems, accuracy of parameterization.

РАДИОСИСТЕМЫ дальней навигации (дальномерные, квазидальномерные, разностно-дальномерные) представляют собой многопозиционные системы, основу которых составляет сеть опорных станций, размещенных в точках с известными координатами. Суть процедуры, реализуемой при дальномерном методе, заключается в следующем. Опорные станции в моменты времени t_{o_i} излучают навигационные сигналы, по которым потребитель, имеющий только приемную аппаратуру и устройства обработки сигналов, находит свое местоположение. При этом он использует собственный эталон времени, с помощью которого измеряется время прихода от опорной станции навигационного сигнала. Моменты времени излучения t_{o_i} и приема синхронизированы со шкалой Всемирного координированного времени [1; 2].

В случае расхождения временны́х шкал системы опорных станций и потребителя используют квазидальномерный метод определения местоположения.

Квазидальномерный метод реализован в отечественной глобальной навигационной спутниковой системе «ГЛОНАСС» и в американской “NAVSTAR”. При этом, кроме координат, необходимо определить и величи-

ну временно́го расхождения шкалы системы опорных станций (искусственных спутников Земли) и шкалы потребителя. Число уравнений, решаемых вычислительным устройством потребителя, увеличивается на единицу по сравнению с дальномерным методом.

Таким образом, дальномерный метод определения местоположения потребителя информации исходит из того, что на каждой опорной станции и на потребителе имеются высокостабильные эталоны времени.

Для квазидальномерного метода необходимо лишь на каждой опорной станции иметь высокостабильный эталон времени.

В случае, когда потребителю информации требуется определить только свои координаты и не требуется определения составляющих скорости, в системе «ГЛОНАСС» (“NAVSTAR”) основными задачами, решаемыми аппаратурой потребителя, являются [3]:

— выбор рабочего созвездия искусственных спутников Земли (ИСЗ);

— введение в синхронизм систем слежения по времени запаздывания;

— измерение времени запаздывания;

— выделение и расшифровка информационного сообщения;

— расчет координат ИСЗ на момент навигационных измерений;

— определение координат и поправки к сдвигу шкал времени;

— отображение вычисленных данных на табло.

При выполнении перечисленных задач координаты потребителя могут быть определены с интервалом не менее 5…10 с.

Величина такого интервала является достаточно большой и порой неприемлемой для решения таких важных задач, как определение и корректировка параметров движения высокоскоростных высокоманевренных объектов.

Следует также учитывать, что в периоды «конфликтных ситуаций» на безпомеховое воздействие на систему «ГЛОНАСС» вряд ли приходится рассчитывать.

В известных разностно-дальномерных системах навигации (определения координат местоположения потребителя информации) реализованы фазовые методы, при использовании которых может быть получен требуемый темп измерений. При этом система также содержит опорную станцию и несколько ведомых. На опорной и ведомых станциях имеются эталонные генераторы, которые синхронизируют передатчики. В аппаратуре потребителя информации принятые сигналы после усиления подаются на коммутатор, работающий синхронно с переключениями опорной и ведомых станций. В структуре потребителя имеется опорный генератор, который совместно с измерителями фаз обеспечивает измерение разности фаз сигналов от опорной станции и от ведомой станции. По разности фаз сигналов от опорной и ведомой станций находится разность дальностей между ними и потребителем информации, а также строится линия (поверхность) положения.

Аналогично по разности фаз сигналов от опорной станции и от другой ведомой станции находится разность дальностей между ними и потребителем информации и строится еще одна линия (поверхность) положения.

Для определения своих координат потребитель информации, кроме линий (поверхностей) положения, имеет в базе данных координаты опорной и ведомых станций.

Однозначность измерения дальности в фазовых системах навигации обеспечивается только в пределах длины волны несущего колебания. Для разрешения многозначности измерений используют импульсно-фазовые системы; их навигационный сигнал представляет собой пачку когерентных импульсов, несущая частота которых служит для точного, а огибающая — для грубого измерения разности дальностей с целью устранения многозначности точных измерений.

По сущности технического решения наиболее близким к предлагаемой системе является система “LORAN–C” [2]. В системе “LORAN–C” все опорные станции работают на фиксируемой частоте, стабилизируемой с помощью цезиевых стандартов частоты. Навигационный сигнал ведущей опорной станции отличается от сигнала ведомых станций числом импульсов в пачке и законом фазового кодирования, что используется для опознавания сигнала и повышения его помехоустойчивости. В системе “LORAN–C” для исключе-

ния одновременного приема потребителем информации сигналов разных опорных станций осуществляется их дополнительная задержка. Измерительные импульсы имеют временное положение, совпадающее с концом третьего периода несущих колебаний.

Существенное влияние на точность определения координат потребителя оказывает стабильность эталонов частоты в аппаратуре опорных станций и потребителя. Например, при уходе частот приводящее к ошибке в определении разности времени равном 15 мс даст ошибку определения координат 4,5 м.

Темп формирования навигационного поля в системах типа "LORAN–C" является постоянным и не может регулироваться в соответствии с задачами, решаемыми потребителями информации.

Точность разностно-дальномерных систем зависит от геометрического фактора. Для стационарных разностно-дальномерных систем геометрический фактор варьироваться не может.

В целях устранения указанных противоречий предлагается использовать мобильные системы локальной (относительной) навигации, в которых перечисленные выше недостатки отсутствуют.

Мобильной системой локальной навигации будем называть такую, которая обладает свойством экстренного развертывания на локальной части земной поверхности и предназначена для решения следующих задач:

— обеспечения навигационными данными наземных потребителей (объектов техники, транспортных средств, людей и т. д.) в пределах прямой радиовидимости;

— обеспечения навигационными данными пилотируемых воздушных средств, беспилотных летательных аппаратов;

— формирования навигационного поля для указанных потребителей.

Указанная цель достигается формированием позиционного навигационного сигнала аппаратурой опорной и ведомых станций соответствующей структуры.

Сущность функционирования подобного рода систем заключается в следующем. Для формирования навигационного поля разворачиваются три станции, опорная и две ведомых в случае необходимости определения координат на плоскости и четыре — в случае трехмерного пространства.

Подход к раскрытию сущности функционирования систем идентичен для обоих случаев, поэтому остановимся на рассмотрении случая определения координат на плоскости (см. рис. 1).

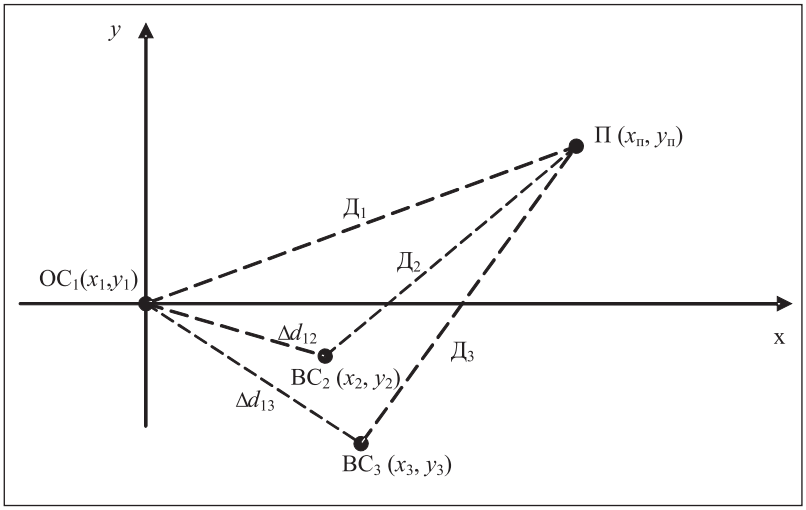


Рис. 1. Схема взаимного расположения опорной и ведомых станций и потребителя информации

При развертывании опорной и ведомых станций на местности определяются их прямоугольные координаты x_i, y_i (i = 1, 2, 3) известными в топогеодезии методами. Опорная станция ($ОС_1$) излучает радиосигнал, в структуре которого присутствуют признак принадлежности к $ОС_1$, координаты $ОС_1$ и синхронизирующий импульс. $ОС_1$ работает только в режиме излучения. Вторая и третья ведомые станции принимают сигналы только по признаку принадлежности его к первой. При выполнении этого условия $ВС_2$ ($ВС_3$) излучает сигнал, в структуре которого, так же как и для $ОС_1$, содержатся признак принадлежности к $ВС_2$ ($ВС_3$), координаты $ВС_2$ ($ВС_3$) и синхронизирующий импульс. Таким образом в каждой точке электромагнитного навигационного поля присутствуют признаки опорной и ведо-

мых станций, их координаты и синхронизирующие импульсы.

Покажем достаточность перечисленных данных для определения координат потребителем информации $x_п$, $y_п$ (см. рис. 2 и 3).

На временной диаграмме показаны:

— o_1 t_1 — время прохождения синхронизирующего импульса от $ОС_1$ до потребителя (дальности $Д_1$);

$$Д_1 = \left[(x_1 - x_n)^2 + (y_1 - y_n)^2 \right]^{\frac{1}{2}};$$

— τ_{12} — время прохождения электромагнитной энергией отрезка Δd_{12} — расстояния от $ОС_1$ до $ВС_2$;

$$\Delta d_{12} = \left[(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}};$$

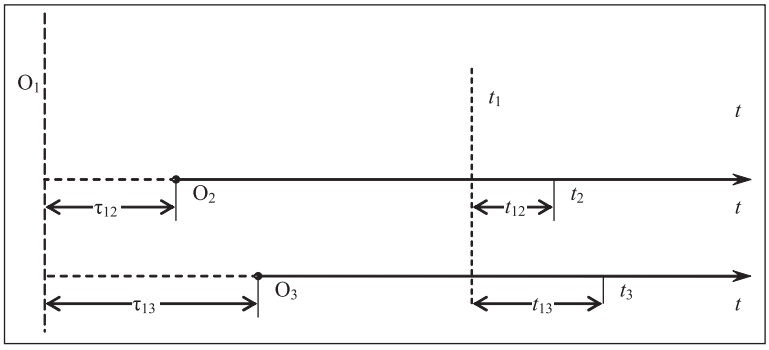


Рис. 2. Временная диаграмма формирования моментов излучения и приема сигнала

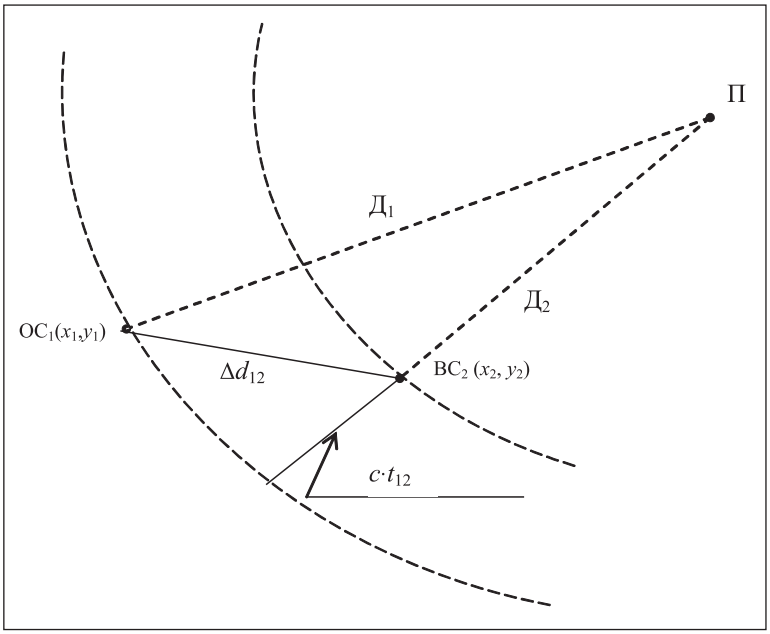


Рис. 3. Схема прохождения волн между потребителем опорной и ведомой станциями

— o_2 t_2 — время прохождения электромагнитной энергией отрезка $Д_2$ — расстояния от $ВС_2$ до потребителя;

$$Д_2 = \left[(x_2 - x_n)^2 + (y_2 - y_n)^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Потребитель информации после приема фиксирует моменты прихода сигнала от $ОС_1$ — t_1 и от $ВС_2$ — t_2 и вычисляет разность t_{12}, а также произведение $c \cdot t_{12}$, c — скорость распространения электромагнитной энергии [4; 5].

Из рис. 2 и 3 следует зависимость

$$Д_1 = \Delta d_{12} + (Д_2 - c \cdot t_{12})$$

или

$$Д_1 - Д_2 = \Delta d_{12} - c \cdot t_{12}.$$

С учетом представленных выше зависимостей получим уравнение вида (1)

$$\left[(x_1 - x_n)^2 + (y_1 - y_n)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \left[(x_2 - x_n)^2 + (y_2 - y_n)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \left[(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - c \cdot t_{12}, \quad (1)$$

в котором неизвестными являются $x_п$, $y_п$.

Для формирования второго уравнения воспользуемся аналогичными связями, но между $ОС_1$ и $ВС_3$. В результате получим следующее уравнение:

$$\left[(x_1 - x_n)^2 + (y_1 - y_n)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \left[(x_3 - x_n)^2 + (y_3 - y_n)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \left[(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - c \cdot t_{13}. \quad (2)$$

В результате совместного решения уравнений (1) и (2) вычисляют $x_п$, $y_п$.

Для трехмерного случая система уравнений по определению координат потребителя будет иметь вид (3)

$$\left[(x_1 - x_n)^2 + (y_1 - y_n)^2 + (z_1 - z_n)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \left[(x_2 - x_n)^2 + (y_2 - y_n)^2 + (z_2 - z_n)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \left[(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2) \right]^{\frac{1}{2}} - c \cdot t_{12}; \quad (3)$$

$$\left[(x_1-x_n)^2+(y_1-y_n)^2+(z_1-z_n)^2\right]^{\frac{1}{2}}-$$
$$-\left[(x_3-x_n)^2+(y_3-y_n)^2+(z_3-z_n)^2\right]^{\frac{1}{2}}=$$
$$=\left[(x_1-x_3)^2+(y_1-y_3)^2+(z_1-z_3)\right]^{\frac{1}{2}}-c\cdot t_{13};$$
$$\left[(x_1-x_n)^2+(y_1-y_n)^2+(z_1-z_n)^2\right]^{\frac{1}{2}}-$$
$$-\left[(x_4-x_n)^2+(y_4-y_n)^2+(z_4-z_n)^2\right]^{\frac{1}{2}}=$$
$$=\left[(x_1-x_4)^2+(y_1-y_4)^2+(z_1-z_4)\right]^{\frac{1}{2}}-c\cdot t_{14},$$

где x_1, y_1, z_1 — координаты опорной станции ($ОС_1$); x_k, y_k, z_k (k = 2, 3, 4) — координаты второй, третьей и четвертой ведомых станций ($ВС_2$, $ВС_3$, $ВС_4$); x_n, y_n, z_n — координаты потребителя информации; t_{12}, t_{13}, t_{14} — разность времени прихода синхронизирующего сигнала на потребителя информации от первой и соответственно второй, третьей, четвертой опорных станций; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Исходя из предлагаемой идеи построения системы навигации, в структуре навигационного сигнала и опорной и ведомых станций должны быть позиции в следующей временной последовательности:

— позиция кода станции;

— позиция синхронизирующего сигнала;

— позиция координат станции.

Вариант структуры позиционного навигационного сигнала опорной и ведомых станций, представлен на рис. 4.

С приходом навигационного сигнала от опорной станции к потребителю информации запоминаются ее координаты и временно́е положение синхронизирующего сигнала. Следует указать, что аппаратура опорной станции работает только на передачу, режим приема отсутствует.

Аппаратура ведомых станций имеет режимы приема и излучения (передачи). В режиме приема аппаратура ведомых станций реагирует только на код опорной станции. В режиме передачи излучает код и координаты станции. Формирование синхронизирующего сигнала ведомых станций осуществляется под действием синхронизирующего сигнала опорной станции. Аппаратура потребителя информации при приеме сигнала ведомых станций запоминает временно́е положение синхронизирующего сигнала и координаты.

Таким образом, практическая реализация рассмотренных положений при создании систем локальной (относительной) навигации позволит:

— существенно повысить эффективность применения методов и систем навигации высокодинамичных объектов;

— значительно расширить диапазон возможного применения систем относительной навигации (например, при технической реализации современных курсоглиссадных систем, полигонного и испытательного оборудования высокодинамичных высокоманевренных аппаратов и др.);

— повысить скрытность процессов обработки информации бортовыми навигационными системами;

— в режиме реального времени осуществлять коррекцию начальных условий местоположения и последующего наведения высокодинамичного объекта.

Статья выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».

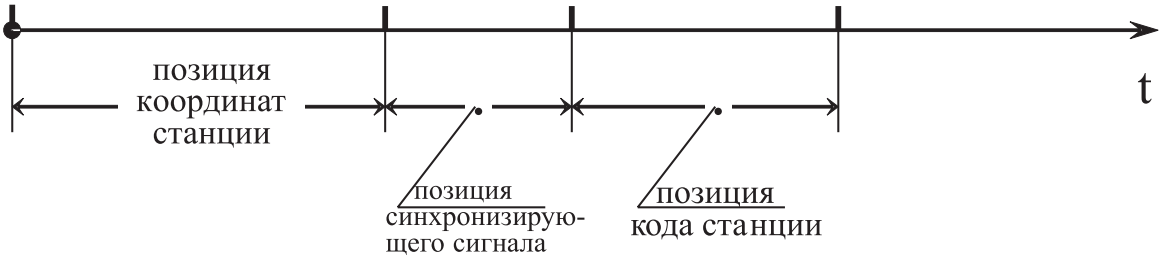


Рис. 4. Структура позиционного навигационного сигнала

Список литературы

1. Радиотехнические системы: учеб. для вузов / под ред. Ю. М. Казаринова. — М.: Высш. шк., 1990. — 496 с.

2. *Бакулев А. П.* Радиолокационные и радионавигационные системы: учеб. пособие для вузов / А. П. Бакулев, А. А. Сосновский. — М.: Радио и связь, 1994. — 296 с.

3. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / под ред. В. С. Шебшаевича. — М.: Радио и связь, 1993. — 408 с.

4. Пат. на полезную модель. Система навигации / Ульянов Г. Н., Колесниченко С. В., Сулима А. А. [и др.]. № 44190. — Заявл. 28.10.04.

5. Пат. на полезную модель. Устройство наведения / Ульянов Г. Н., Колесниченко С. В., Сулима А. А. [и др.]. № 59277. — Заявл 10.12.06.

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 621-192

Д. Н. Костюничев,
канд. техн. наук,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»;

Н. С. Отделкин,
д-р техн. наук,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТКРЫТЫХ СКЛАДОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

ASSESSMENT OF OPEN STORAGE BULK MATERIALS IMPACT ON THE ENVIRONMENT

В статье рассматривается влияние открытых складов с сыпучими грузами на окружающую среду.
The article examines the impact of open storage of bulk goods on the environment.

Ключевые слова: пылеобразование, сыпучие грузы, портовые открытые склады.
Key words: dust formation, bulk cargo, port open warehouses.

ИНТЕНСИВНОЕ пыление при перегрузочных работах с пылящими грузами и их открытом хранении приводит к безвозвратным потерям груза в результате пылеуноса взвешенных частиц воздушными потоками. При этом пыль оседает на территории и акватории порта и прилегающих к нему районах, оказывая отрицательное воздействие как на окружающую среду, так и на человека.

Деятельность порта разворачивается на стыке территории и акватории и может быть условно представлена квадратом (рис. 1).

При освоении грузопотоков $\sum Q_i$, проходящих через порт, собираются сопутствующие грузам вредности. Так как транспортный процесс герметичен (в зависимости от технологичности объекта), возможны потери груза, распространение сопутствующих вредностей (нормы естественной убыли предусматривают коммерческие потери при перегрузке до 1 % грузопотока) и их взаимодействие с ресурсами природы [1].

В зависимости от гидрометеорологических условий возможны трансграничный перенос и накопление выбросов.

Локальное распространение выбросов определяет фактическое природопользование порта, так как используются территория, непосредственно занятая объектом, и санитарно-защитная зона (СЗЗ), определяемая рассеиванием предельно допустимого выброса до предельно допустимой концентрации (ПДК).

Санитарно-защитная зона определяет площади отчуждения территории от использования под рекреационные или хозяйственные цели. Эти факторы определяют необходимость учета затрат в эффективное перегрузочное оборудование с минимальными потерями груза и в дополнительные системы локализации и очистки возможных выбросов от основного перегрузочного оборудования и вспомогательных инфраструктур (ремонтные, бытовые и другие службы).

Районы порта, технологические комплексы и сооружения с технологическими процессами, являющимися источником выделения в окружающую среду вредных веществ, а также источниками повышенных уровней шума, вибрации, ультразвука, электромагнитных волн, радиочастот, статического электричества и ионизирующих излучений, следует

отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами, размеры которых определяются Санитарными правилами [2].

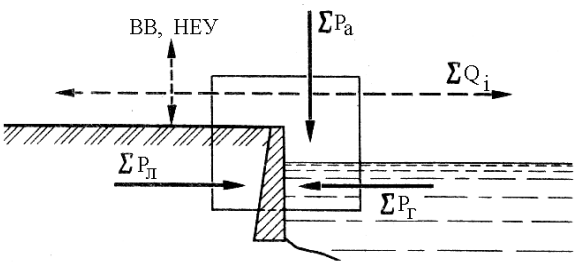


Рис. 1. Схема взаимодействия деятельности порта и ресурсов природы:
где $\sum Q_i$ — грузопотоки *i*-х грузов;
$\sum P_а$ — ресурсы атмосферы (потребляемый и загрязняемый воздух);
$\sum P_г$ — ресурсы гидросферы (потребляемая и загрязняемая вода);
$\sum P_л$ — ресурсы литосферы (площади и качество землепользования);
ВВ — выбросы вещества;
НЕУ — норма естественной убыли

Порты и отдельные портовые объекты в зависимости от степени вредности, которую они оказывают на окружающую среду, с учетом санитарной характеристики перерабатываемых там грузов, их объема, технологии перегрузки и мер по предупреждению вредных выделений в атмосферу — делятся на 5 классов:

— 1-й класс — с шириной СЗЗ 1000 м;
— 2-й класс — -»- 500 м;
— 3-й класс — -»- 300 м;
— 4-й класс — -»- 100 м;
— 5-й класс — -»- 50 м.

К первому классу СЗЗ относятся открытые склады и места загрузки и хранения апатитового концентрата, фосфоритной муки, цемента и других пылящих грузов при грузообороте более 150 тыс. т в год.

Ко второму классу СЗЗ относятся открытые склады и места разгрузки апатитного концентрата, фосфоритной муки, цемента и других пылящих грузов при грузообороте менее 150 тыс. т в год.

К третьему классу СЗЗ относятся открытые склады и места разгрузки и погрузки пылящих грузов при грузообороте менее 5 тыс. т в год, а также открытые склады и места разгрузки сухого песка, гравия, камня и других минерально-строительных материалов.

К четвертому классу СЗЗ относятся склады и открытые места разгрузки зерна и транспортно-технические схемы перегрузки и хранения апатитового концентрата, фосфоритной муки, цемента и других пылящих грузов, перевозимых навалом с применением складских элеваторов и пневмотранспортных или других установок и хранилищ, исключающих вынос пыли во внешнюю среду.

К пятому классу СЗЗ относятся открытые склады и перегрузка увлажненных минерально-строительных материалов (песка, гравия, щебня, камней и др.).

Основными очагами пылеобразования при открытом способе хранения пылящих грузов являются:

— зоны работ перегрузочного оборудования при формировании и расформировании штабелей;

— пылеунос частиц груза (ветровая эрозия) с поверхности штабелей.

Следует отметить, что процесс пылеуноса частиц пыли при открытом хранении пылящих грузов в морских и речных портах является малоизученным процессом. Это можно объяснить тем, что сроки хранения навалочных грузов на портовых складах составляют от 5 до 50 суток и считается, что при таких сроках хранения ветровая эрозия незначительна. С этим трудно согласиться, так как большой опыт эксплуатации открытых складов в горнодобывающей промышленности и последние работы ученых водного транспорта говорят об обратном.

Таким образом, выполненный анализ позволяет сделать следующие выводы:

— открытые склады для хранения сыпучих грузов оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду, которое выражается в загрязнении воздушной среды, а для портовых складов еще и водной акватории порта;

— значения запыленности воздуха в зоне расположения открытых складов значительно превышают предельно допустимые концентрации для воздуха рабочей зоны;

— хранение на портовых открытых складах сыпучих грузов приводит к их потерям в результате пылевыбросов (пылеуноса) при ветровом воздействии на склад.

Список литературы

1. *Степанов А. Л.* Экологический инжиниринг портовых технологий / А. Л. Степанов. — СПб.: Элмор, 1994. — 136 с.

2. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. — М.: Госкомгидромет, 1986. — 93 с.

УДК 629.122.456.001.2

А. Н. Каленков,
аспирант,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»;

В. С. Наумов,
д-р техн. наук, профессор,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная академия водного транспорта»

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДНА ВОДОЕМА ПРИ РАЗЛИВАХ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

THE ANALYSIS OF THE RESERVOIR BED POLLUTION UNDER THE CONDITIONS OF OIL PRODUCTS SPILL ON THE INLAD WATERWAYS

В статье рассмотрено моделирование оседания нефтепродуктов для получения регрессионного уравнения, позволяющего определить площадь области возможного загрязнения дна водоема.

In this article the modeling of oil products subsidence for setting the regression equation which makes it possible to define the area of the region of the possible pollution of the reservoir bed was analyzed.

Ключевые слова: нефтепродукты, загрязнение дна.
Key words: oil products, bed pollution.

РЕЧНЫМ транспортом России перевозятся значительные объемы нефти и продуктов ее переработки, причем значительную часть всего грузооборота нефти и нефтепродуктов составляют темные нефтепродукты [1, с. 75–78].

Исследования разливов темных нефтепродуктов показали, что значительный объем данного нефтепродукта тонет в течение нескольких часов с момента разлива. Распространяясь в толще воды, эти нефтепродукты могут достигать дна водоема, загрязняя его, причем площадь загрязненного дна может достигать значительных размеров.

Появление нефтепродуктов на дне водоема имеет отрицательный экологический эффект, что приводит к необходимости определения площади области возможного загрязнения дна водоема для дальнейших мероприятий по ликвидации загрязнения и оценки экологического ущерба.

Для решения поставленной задачи необходимо моделирование процессов распространения нефтяных частиц в объеме воды, для которого наиболее целесообразно использовать программу моделирования течения жидкости и газа “FlowVision” российской фирмы «Тесис», основой которой является численное решение уравнений движения вязкой жидкости Навье–Стокса и уравнений конвективно-диффузионного переноса в частных производных в неупрощенном виде. Достоин-

ствами программы по сравнению с аналогами являются простой и доступный интерфейс и автоматическая генерация сеток. Она адаптирована под персональные ЭВМ и не требует применения сложных и дорогостоящих рабочих станций.

Программа позволяет решать задачи трехмерного течения двухфазной жидкости со свободной поверхностью, при этом свободная поверхность представляется набором фасеток, отсекающих расчетную область [3, с. 45–46].

Математическое описание движения жидкости включает следующие уравнения:

— уравнения Навье–Стокса.

$$\frac{\partial V}{\partial t}+\nabla\left(\mathbf{V}\otimes\mathbf{V}\right)=-\frac{\nabla P}{\rho}+ \\ +\frac{1}{\rho}\nabla\left(\mu+\mu_t\right)\left(\nabla V+\left(\nabla V\right)^{\mathrm{T}}\right)+\left(1-\frac{\rho_{hyd}}{\rho}\right)g, \quad (1)$$

$$\nabla V=0, \quad (2)$$

— уравнения для $K-\varepsilon$ модели турбулентности:

$$\frac{\partial k}{\partial t}+\nabla\left(Vk\right)=\frac{1}{\rho}\nabla\left(\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\nabla k\right)+ \\ +\frac{G}{\rho}-(\varepsilon-\varepsilon_{ini})-F, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}+\nabla(V\varepsilon)=\frac{1}{\rho}\nabla\left(\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\nabla\varepsilon\right)+ \\ +\frac{\varepsilon}{k}\left(C_1+\frac{G}{\rho}-C_2 f_1(\varepsilon-\varepsilon_{ini})\right), \quad (4)$$

где: ε_{ini} — начальное значение турбулентной диссипации;

$$G=\mu_{eff}\frac{\partial V_i}{\partial x_j}\left(\frac{\partial V_i}{\partial x_i}+\frac{\partial V_j}{\partial x_i}\right), \quad (5)$$

Значение параметров $k-\varepsilon$:

$\sigma_k=1$; $\sigma_t=1$; $C_\mu=0{,}09$; $C_1=1{,}44$;

$C_2=1{,}92$; $\mu=\mu+\mu_t$; $F=0$; $f=1$, $f_м=1$;

— уравнение переноса функции заполнения F (VOF):

$$\frac{\partial V}{\partial t}+V\nabla F=0, \quad (6)$$

В программе “FlowVision” переменная C — массовая концентрация инертной примеси, однако для задач с поверхностями раздела между двумя несмешивающимися жидкостями (нефть и вода) переменная C определяется как объемная концентрация второго вещества, для которой решается уравнение конвективного переноса

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\nabla\left(\mathrm{V}C\right)=0. \quad (7)$$

Для численного решения уравнений, входящих в модели программы, расчетная область разбивается сеткой конечных объемов V_i. и вводится объем Ω_i построенный на характеристиках, выходящих из вершин V_i в момент времени t_{n+1} и движущихся обратно до момента времени t_n. Одна из сторон объема Ω_i строго соответствует стороне s объема V_i x [4].

На процесс распространения нефтепродукта в объеме воды, а следовательно, и на площадь области возможного загрязнения дна водоема влияет множество факторов, которые можно разделить на три группы:

— вид и объем нефтепродукта;

— факторы среды (гидрометеорологические факторы);

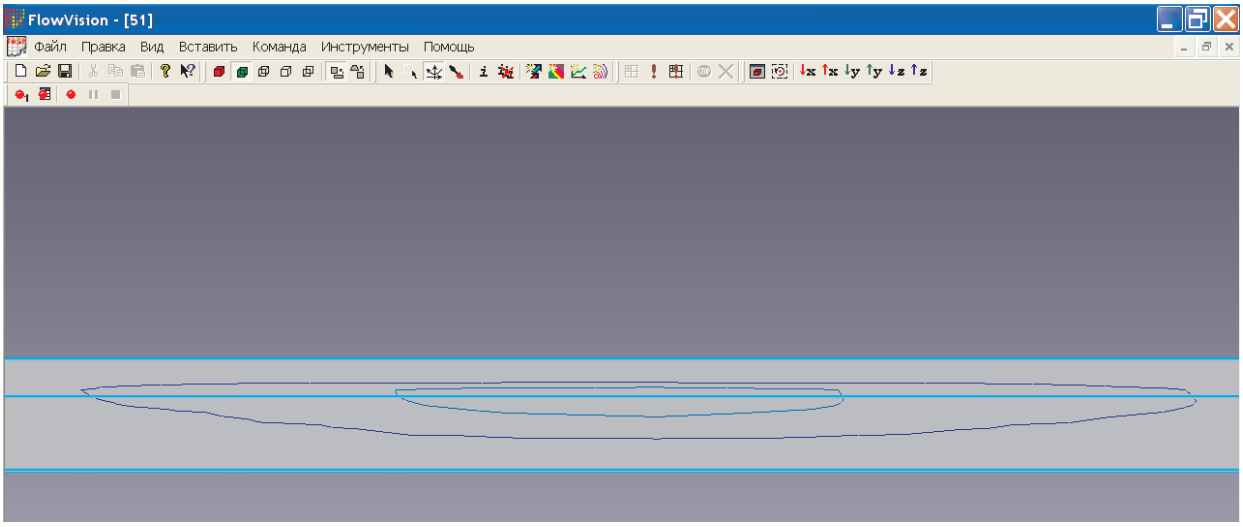
— географические факторы.

Анализ этих факторов показал, что для количественной оценки площади области возможного загрязнения дна водоема нефтепродуктами достаточно учесть четыре наиболее значимых фактора: тип нефтепродукта (характеризующийся плотностью), объем нефтепродукта, скорость течения, глубина водоема.

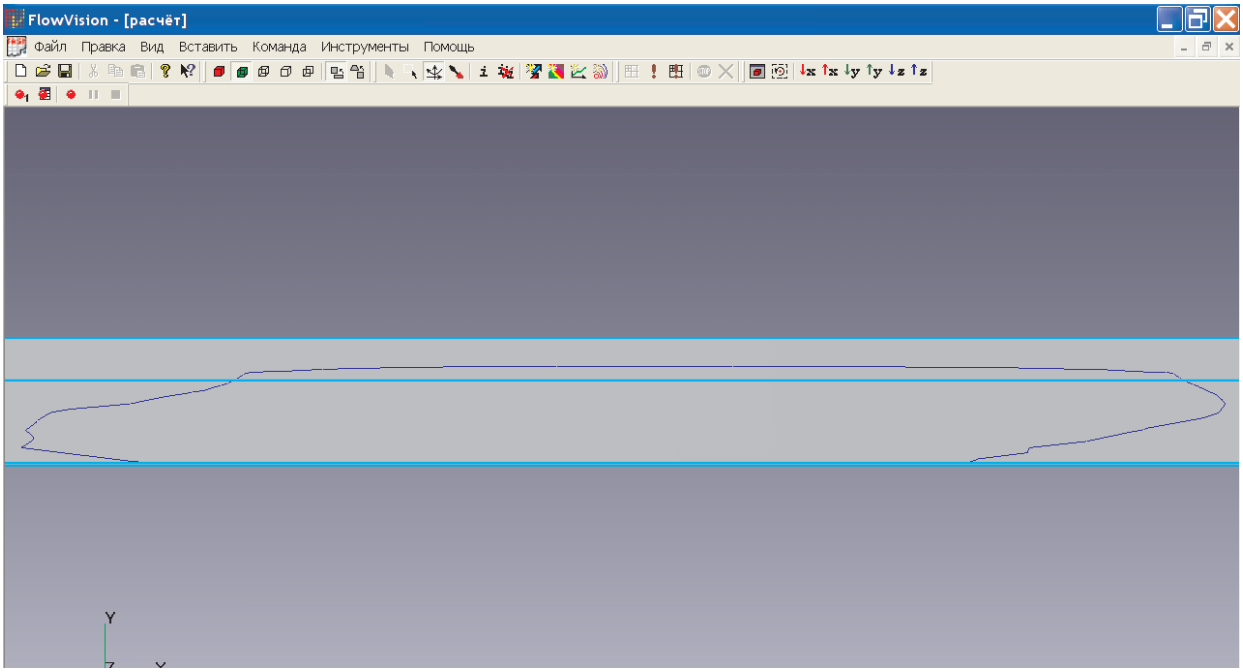
Географические факторы не учитывались в связи с ограниченными возможностями имеющихся ЭВМ, поэтому рассматривался прямолинейный участок реки с ровным рельефом дна.

В данном случае количественную оценку необходимо проводить на основе факторно-регрессионного анализа с использованием массива статистики, который можно получить в результате моделирования оседания нефтепродуктов (рис. 1).

Для построения регрессионного уравнения необходим массив статистики. Для минимизации затрат при получении информации, достаточной для решения задачи, применялось планирование эксперимента с использованием компьютерной программы STATISTICA 6.0, а также дробного двухуровневого плана Бокса и Хантера [2]. В каждом опыте определялась площадь области возможного загрязнения дна водоема S.



а



б

Рис. 1. Динамика оседания нефтепродукта:
а — 51 с; *б* — 80 с с момента разлива

В результате выполненных исследований получено следующее регрессионное уравнение для площади области возможного загрязнения дна водоема S:

$$S = 8{,}10\rho + 143{,}46V - 1156{,}11v - 211{,}71H - 6450{,}65, \quad (8)$$

где S — площадь области возможного загрязнения дна водоема, м^2;

ρ — плотность нефтепродукта, г/см^3;

V — объем нефтепродукта, м^3;

v — скорость течения реки, м/с;

H — глубина водоема, м.

Сравнение теоретической зависимости площади области возможного загрязнения дна водоема S с результатами численного эксперимента показало хорошее совпадение. Максимальная относительная погрешность составила $\varepsilon = 12{,}5$ %.

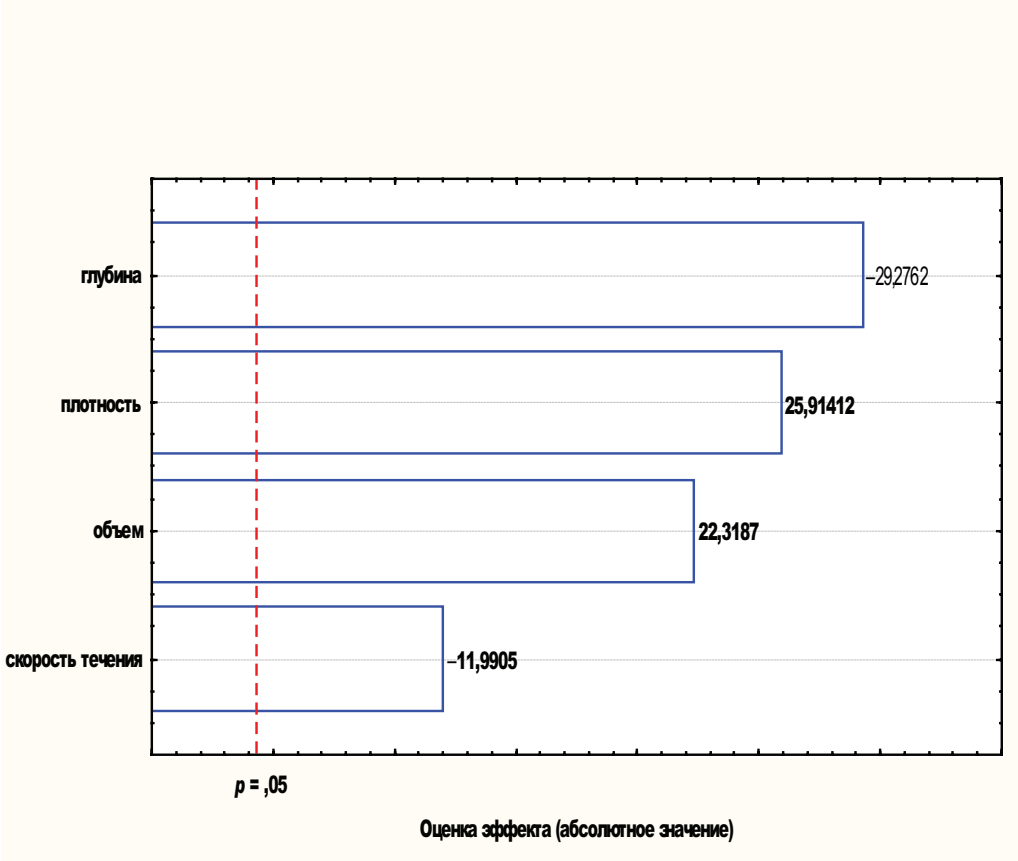


Рис. 2. Карта Парето для площади области возможного загрязнения дна водоема

Коэффициент множественной корреляции $R^2 = 0{,}998540$, что говорит о высокой степени адекватности полученного уравнения реальному процессу.

Анализ значимости факторов, входящих в состав уравнения, показал, что все рассмотренные факторы значимы на уровне $p = 0{,}05$.

Из распределения Парето (рис. 2) видно, наибольшее влияние на площадь области возможного загрязнения дна водоема оказывает глубина водоема.

Таким образом, полученное уравнение позволяет производить количественную оценку области возможного загрязнения дна водоема, которая может быть использована для оценки ущерба и разработки мероприятий по ликвидации последствий аварийных разливов нефтепродуктов на внутренних водных путях.

Список литературы

1. *Наумов В. С.* Проблема ликвидации разливов темных нефтепродуктов на внутренних водных путях / В. С. Наумов, А. Н. Каленков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2010. — № 1.

2. http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm

3. *Аксенов А. А.* Пакет прикладных программ Flow Vision / А. А. Аксенов, А. В. Гудзовский. Сер.: Аэрофизика и прикладная математика. — М.: МФТИ, 1998.

4. Система моделирования движения жидкости и газа “FlowVision”. V. 2.2: Руководство пользователя. — М.: ООО «Тесис», 2005. — 380 с.

ЖУРНАЛ университета водных коммуникаций

УДК 332.1

Л. О. Евдокимова,
канд. техн. наук, доцент,
СПбГУСЭ

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В РЕГИОНЕ

METHODOLOGY OF NATURAL AND RESOURCE POTENTIAL EVALUATION FOR REGIONAL ECOLOGICAL TOURISM DEVELOPMENT

В статье рассматриваются методологические подходы к оценке природно-ресурсного потенциала региона. Приводятся основные характеристики природных комплексов. Представлены методы оценки природно-ресурсного потенциала. Раскрываются функции и возможности экологического туризма, методы оценки экотуристского потенциала региона.

In the article considered are methodological approaches to regional natural and resource potential evaluation. Given are fundamental characteristics of natural complexes. Given are methods of to regional natural and resource potential evaluation. Considered are functions and opportunities of ecological tourism, methods of regional ecotourist potential evaluation.

Ключевые слова: методология, оценка, природно-ресурсный потенциал, экотуристский потенциал, регион, экологический туризм.

Key words: methodology, evaluation, natural and resource potential, ecotourist potential, region, ecological tourism.

ОСНОВНОЙ экологической проблемой развития общества является угроза потери природной устойчивости (способности биосферы и составляющих ее экосистем ассимилировать последствия разнообразных техногенных воздействий на природную среду). Устойчивость (ассимиляционный потенциал) природной среды является приоритетным ресурсом, запасы и потери которого необходимо оценить и сопоставить с интегральными показателями интенсивности влияния на природу хозяйственной деятельности [3]. Ассимиляцию антропогенных воздействий обеспечивают природные комплексы, потенциал устойчивости которых к внешним воздействиям определяется такими свойствами, как масса, эффективность и структура системы.

Для выбора направлений социально-экономического развития региона необходимо оценивать природно-ресурсный потенциал как совокупность естественных ресурсов, отражающую размещение природных ресурсов, обеспеченность ресурсами региональных отраслей, уровень влияния ресурсов на формирование вариантов функциональной специализации и форм инфраструктурной организации территории.

Целью оценки природно-ресурсного потенциала туристской территории является анализ состояния природных ресурсов (природного комплекса) как совокупности рекреационных ресурсов данной местности, используемых при формировании туристско-рекреационной специализации региона.

Для формирования туристско-рекреационной специализации территории (региона) природный комплекс должен оцениваться не только как ресурс, но и как подсистема в рекреационной системе при условии обеспечения циклов рекреационной деятельности и удовлетворения рекреационных потребностей.

В рамках рекреационной системы выделяют два типа отношений к природе [1]:

— преобразование природы в соответствии с требованиями населения по организации мест массового отдыха, приспособленных для размещения контингента отдыхающих;

— адаптация отдыхающих к существующим природным комплексам, стремление потребителей туристской услуги построить свои взаимоотношения с природой на основе сохра-

нения сформировавшихся ранее природных комплексов. В настоящее время роль малоизмененных природных комплексов сократилась, одновременно с этим возросла их ценность.

Для оценки природных комплексов как подсистем рекреационной системы необходимо рассматривать такие характеристики, как аттрактивность, емкость, устойчивость, разнообразие, привлекательность, надежность комплексов.

Аттрактивность природных комплексов определяется комфортностью условий отдыха и соответствием свойств природного комплекса и технологий рекреационной деятельности. Комфортность отдыха обусловлена технологическими, климатическими, психологическими характеристиками природного комплекса. Привлекательность природных комплексов связана с технологией отдыха, стремлением потребителей туристского продукта выбрать такие сочетания природных элементов, которые в наибольшей степени соответствуют уровню потенциальных потребностей. На аттрактивность природных комплексов влияют эстетические свойства природных ресурсов. При этом следует учитывать, что эстетическая оценка любых объектов субъективна и зависит от самого субъекта — его культуры, социальной среды. Надежность природных комплексов определяется устойчивостью к рекреационным нагрузкам и их разнообразием, поскольку это предоставляет возможность потребителю рекреационных услуг изменять характер использования природного комплекса, формировать варианты потребительского поведения. Надежность природных комплексов зависит от разнообразия входящих в него компонентов, предопределяющих возможность продолжения рекреационного природопользования при смене занятий. В этом случае исчезновение определенного природного компонента не приводит к полному прекращению рекреационного использования природного комплекса, поскольку предполагает возможность переориентации потребителя рекреационной услуги на другой элемент рекреационного процесса.

Для оценки емкости рекреационных ресурсов необходимо рассматривать понятие «рекреационный потенциал». Рекреационный потенциал может быть определен как отношение между фактической и предельно возможной численностью туристов, определяемой исходя из наличия рекреационных ресурсов.

$$П_р = Ч_Ф / Ч_{пд}, \quad (1)$$

где $П_р$ — рекреационный потенциал, $Ч_Ф$ — фактическая численность туристов, $Ч_{пд}$ — предельно-допустимая численность туристов.

Можно также определить рекреационный потенциал как способность территории принять определенное (предельное) количество рекреантов, при котором не происходит нарушения состояния природного и экологического равновесия [1]. В этом случае следует учитывать антропогенную нагрузку и предельно допустимую нагрузку природной системы. Предельно допустимые нагрузки — антропоэкологические нормативы, нарушение которых приводит к нарушению устойчивости геосистем разного уровня, необратимым изменениям в состоянии здоровья человека.

В современной экономической науке представлены разнообразные подходы к оценке природно-ресурсного потенциала территории [4].

Следует отметить, что существующая методология оценки природно-ресурсного потенциала свидетельствует об отсутствии единой концепции выбора методов. Один из вариантов — использование определенного вида подхода к оценке природно-ресурсного потенциала территории. Экономический подход предлагает рассматривать стоимостную оценку компонентов природно-ресурсного потенциала территории. Экологической подход в качестве приоритетного направления рассматривает уровень рациональности использования природных ресурсов посредством выявления их прогнозных запасов и объемов добычи. Социологический подход к оценке компонентной структуры природных ресурсов территории предполагает выявление возможностей обеспечения процессов жизнедеятельности населения природными ресурсами. Производственный подход направлен на определение уровня использования природно-ресурсного потенциала территории различными видами экономической деятельности при учете фактора рационального природопользования.

Таблица 1

Методы оценки природно-ресурсного потенциала

Название метода	Характеристика метода
Затратный метод	Представляет собой стоимостную оценку природных ресурсов, характеризующуюся текущей величиной затрат на добычу, освоение или использование компонентов природно-ресурсного потенциала
Результативный метод	Предполагает, что стоимостная оценка присуща только таким элементам природы, эксплуатация которых приносит доход
Затратно-ресурсный метод	Определяет стоимость природных ресурсов, учитывая затраты на их освоение и доход от их использования
Рентный метод	Представляет собой оценку природных ресурсов, количество запасов которых ограничено, то есть представляет собой арендную плату (цену) за их использование
Метод альтернативной стоимости природных ресурсов	Использование данного метода позволит оценить природный ресурс, цена которого занижена или отсутствует, посредством учета потерянных доходов, которые возможно было бы получить, используя рассматриваемые природные ресурсы с другой целью
Воспроизведенный метод	Предполагает цену природного ресурса определять как совокупность затрат, необходимых для регенерации деградированного природного ресурса
Метод экологической экспертизы	Представляет собой определение уровня экологической защищенности природно-ресурсного потенциала
Двойственный метод	Используются два метода оценки: 1) проводится качественная оценка элементов природы на основе цены замещения; 2) осуществляется на основе анализа денежных потоков организации как результата использования природно-ресурсного потенциала

В качестве альтернативного варианта предлагается рассматривать подход, основанный на оценке совокупности природных ресурсов для обеспечения комплексных потребностей общества. При таком подходе не учитываются особенности использования природных ресурсов относительно приоритетных видов экономической деятельности, формирующих основную антропогенную нагрузку на биосферу туристской территории, а также особенности эффективного территориального развития (экономической специализации).

В связи с этим следует отметить, что оценка природно-ресурсного потенциала рекреационного региона должна включать наряду с комплексными показателями оценку природных ресурсов для эффективной реализации процессов развития рекреационной специализации региона.

Необходима комплексная оценка природных ресурсов, которая представляла бы собой совокупность экологических, экономических, социальных и производственных подходов и позволяла бы проводить оценку природно-ресурсного потенциала, учитывая индивидуальные характеристики рассматриваемого территориального образования и каждого вида природных ресурсов.

В качестве условий оценки природно-ресурсного потенциала региона в рамках развития туристско-рекреационной территории должны рассматриваться учет видов экономической специализации и выбор приоритетного природного ресурса. Это объясняется различием в направлении использования компонентов природных ресурсов региона производственными и непроизводственными отраслями экономики для удовлетворения различ-

ных потребностей. При отсутствии единого подхода к оценке и использованию природно-ресурсного потенциала региона неизбежен конфликт интересов промышленных видов экономической деятельности, населения региона и предприятий туристско-рекреационной сферы относительно возможностей использования природных ресурсов территории.

Одним из основных критериев развития региона является территориальное сочетание природных ресурсов. Это источники ресурсов определенного вида, расположенных на определенной территории и объединяемых фактическим или перспективным совместным использованием в регионе.

По степени влияния территориального сочетания природных ресурсов на уровень развития регионов выделяют:

— регионы, обладающие территориальными сочетаниями ресурсов при высоком и среднем уровне индустриального развития;

— регионы, обладающие территориальными сочетаниями ресурсов, характеризующиеся низким уровнем индустриального развития;

— регионы, имеющие отдельные виды ресурсов при высоком и среднем уровне индустриального развития.

Использование природных ресурсов связано с развитием экологического туризма. Рассматривают ряд подходов к выделению сектора экологического туризма [2].

При первом подходе экологическим туризмом называют туризм, объектом которого является дикая природа. При этом отмечается сложность установления границы между природой и традиционной культурой, и наряду с природой культуру включают в объекты экологического туризма.

Распространение получает туризм с целью отдыха на природе на территориях, измененных человеком. Это характерно для европейской и американской модели экотуристской деятельности. Такой туризм причисляется к форме экологического туризма и для охраны и восстановления среды, народных традиций и экологизации экономического развития в некоторых регионах имеет приоритетное значение. В качестве разновидностей такого туризма может рассматриваться сельский туризм (посещение ферм и деревень с целью пребывания и деятельности в атмосфере сельского образа жизни).

Сторонники второго подхода предлагают рассматривать экологический туризм как вид устойчивого туризма. Этот вид туризма основывается и успешно реализует на практике принципы концепции устойчивого развития — природопользование, не приводящее к деградации ресурсов, так как для восстановления и охраны ресурсов используется часть выгод от его развития. При этом подходе объекты туризма могут быть как природного, так и искусственного происхождения.

При оценке экотуристского потенциала территории ресурсы рекомендуется оценивать в пяти аспектах — функциональном, гигиеническом, эстетическом, технико-экономическом и природоохранном. Критериями оценки для элементов природных и культурных ландшафтов являются история, уникальность, сохранность (нарушенность), аттрактивность и различные характеристики разнообразия, включая видовое богатство флоры и фауны. При оценке условий использования природных комплексов следует оценивать экологические нормы безопасности, допустимые рекреационные нагрузки и нормы использования ресурсов.

Выявление и оценку экотуристского потенциала территории целесообразно проводить при использовании аналоговых экономико-математических моделей, оценивая определенный набор компонентов потенциала, используя сравнительную оценку необходимого количества объектов при установленных территориальных границах сравнения.

В ряде случаев рекомендуется использовать методику начальной экспресс-оценки экотуристского потенциала территории. Механизм быстрой оценки основан на приблизительных количественных оценках, а также частично на принятых допущениях. В случае высокой неопределенности среды следует использовать несколько сценариев на основе принятых допущений. Результаты оценки позволяют определить, какой туризм и каким образом следует развивать на данной территории; оценить потенциал и риски, связанные с развитием экологического туризма.

Характеризуя роль экологического туризма в общественном развитии, следует выделять его социальные функции: релаксационную, оздоровительную, образовательную и воспитательную.

Экологический туризм способствует сохранению и восстановлению природных комплексов, природные ресурсы становятся рекреационными. Использование природных ресурсов приводит к необходимости формирования модели социально-экологической ответственности бизнеса.

Реализация функций экологического туризма позволяет рассматривать ряд процессов [2]:

— обогащение туристов культурными и естественно-научными экологическими знаниями, в том числе в сфере личной и общественной экологической безопасности;

— эмоциональное оздоровление, избавление от «городского» стресса;

— социализация мировоззрения туристов посредством формирования их экологической культуры, включающей новые, важные для устойчивого развития общества ценностные ориентации и поведение, адекватное экологическому кодексу;

— формирование толерантного отношения к незнакомым культурам и этносам, к их образу жизни и традициям, адаптированным к природной среде обитания;

— стимулирование традиционных форм природопользования, производства экологически чистых продуктов питания;

— увеличение инвестиций в инфраструктуру, сервис, охрану природы;

— рост благосостояния местного населения, создание новых рабочих мест, развитие местного самоуправления;

— развитие специального образования, направленного на подготовку специалистов туристских и природоохранных профессий.

Развитие экологического туризма в России позволяет:

— сохранить природную красоту уникальных территорий;

— снизить нагрузку на природную среду;

— повысить грамотность населения и других природопользователей в вопросах эксплуатации природной среды;

— повысить эффективность деятельности государственных структур в области контроля и профилактики экологических правонарушений;

— создать информационную систему данных о состоянии, сохранении и развитии природной среды.

Список литературы

1. *Кусков А. С.* Рекреационная география: учеб.-метод. комплекс / А. С. Кусков, В. Л. Голубева, Т. Н. Одинцова. — М.: МПСИ: Флинта, 2005. — 496 с.

2. *Кусков А. С.* Современный экотуризм: основные концепции, направления и формы / А. С. Кусков, Е. И. Арсеньева [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://tourlib.net/statti_tourism/kuskov_ecotourism.htm

3. *Мартынов А. С.* Экологические проблемы российского бизнеса / А. С. Мартынов [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.biodat.ru

4. *Мельникова Н. В.* Теоретическая характеристика основных методических аспектов проведения оценки компонентов природно-ресурсного потенциала региона в контексте развития курортных территорий / Н. В. Мельникова // Экономика и управление. — 2009. — № 5.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 004.4`22

И. И. Мальцева,
канд. экон. наук,
СПГУВК

ПРИМЕНЕНИЕ CASE-СРЕДСТВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ БЮДЖЕТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

APPLICATION OF CASE TOOLS FOR OPTIMIZATION OF BUDGETARY FINANCING OF INVESTMENT PROJECTS ON SEA TRANSPORT

Современное состояние морского транспорта требует значительных инвестиционных ресурсов для развития. Решение задачи эффективного использования бюджетных средств при реализации инвестиционных проектов на морском транспорте возможно с использованием средств моделирования бизнес-процессов. В статье рассматриваются существующие методологии и CASE-средства моделирования бизнес-процессов. Приводится функциональная модель, базирующаяся на использовании методологии моделирования бизнес-процессов IDEF и программного средства AllFusion Business Process Modeler (BPwin), реализующего данную методологию.

The current state of sea transport requires significant investment for development. Solution to the problem of effective use of budgetary funds for the realization of investment projects on sea transport is possible with use of business process modeling tools. The existing methodologies and CASE tools of modelling of business processes are considered in the article. The functional model which is based on use of IDEF methodology of business processes modelling and software tool AllFusion Business Process Modeler (BPwin), realizing given methodology, is given.

Ключевые слова: морской транспорт, моделирование, процессный подход, бизнес-процесс, CASE-средства, методология IDEF, BPwin.

Key words: sea transport, modelling, process approach, business process, Case tools, IDEF methodology, BPwin.

НАБЛЮДАЮЩИЕСЯ в последние десятилетия процессы глубоких структурных изменений российской экономики привели к тому, что резко возросла роль и свобода действий хозяйствующих субъектов в системе экономических отношений, но при этом вся тяжесть экономических рисков оказалась возложенной непосредственно на них. Необходимость преодоления компаниями трудностей меняющейся рыночной конъюнктуры и воплощение в жизнь новых требований, выдвигаемых рынком, заставляет современных руководителей не только самостоятельно принимать стратегические решения, но и нести ответственность за их последствия в экономическом, юридическом, социальном и экологическом аспектах. Перед руководителем любой компании, который вынужден принимать решения в условиях неопределенности, несовершенства хозяйственного механизма и противоречивости законодательства, остро встают проблемы эффективного управления. В сложившихся условиях руководители любого уровня вынуждены использовать в управленческой деятельности информационные технологии, выступающие мощным «локомотивом» необходимых изменений.

Современные технологии бизнеса характеризуются высокой динамичностью, диктуемой постоянно изменяющимися потребностями рынка, ориентацией производства товаров и услуг на конкретного потребителя, непрерывным совершенствованием технических возможностей и сильной конкуренцией. Поэтому любая компания в определенный момент времени сталкивается с необходимостью совершенствования своей системы управления, что вызывается как внешними фак-

торами (обострение конкуренции, изменение существующих технологий, возрастающие требования клиентов и т. д.), так и внутренними (изменение стратегии компании, появление новых стратегических целей). Одним из первых и наиважнейших шагов при этом является анализ деятельности компании, включающий:

— описание бизнес-процессов компании;

— выделение бизнес-процессов или их участков, подлежащих автоматизации.

Без детального описания бизнес-процессов переход к следующим стадиям анализа деятельности компании и тем более к его автоматизации становится бессмысленным. На практике сначала выполняется описание бизнес-процессов «как есть» (то есть именно так, как они происходят в действительности), а затем выявляются узкие места процессов и на основе данного анализа создается несколько моделей «как должно быть». Автоматизация бизнес-процессов предполагает разработку корпоративной информационной системы либо выбор из имеющихся на рынке информационных продуктов и услуг и ее адаптацию под специфику компании с последующим внедрением.

В настоящее время идентификация проблемных точек бизнес-процессов компании и выработка направлений их совершенствования чаще всего осуществляются на базе процессного подхода как одной из наиболее востребованных методологий управления компаниями.

В основе процессного подхода лежит представление о бизнес-процессе как устойчивой, целенаправленной совокупности взаимосвязанных видов деятельности (последовательность работ), которая по определенной технологии преобразует входы в выходы, представляющие ценность для потребителя.

Процессный подход базируется на выделении и рассмотрении бизнес-процессов компании, каждый из которых протекает во взаимосвязи с другими бизнес-процессами или внешней средой. Необходимость реализации процессного подхода является одним из принципов стандартов ISO 9001, которые можно рассматривать как нормативную модель ведения бизнеса, выработанную деловым сообществом с учетом мирового опыта и закрепленную в международных стандартах.

К преимуществам процессного подхода можно отнести:

— клиентоориентированность;

— ориентацию на результат;

— гибкое реагирование на внешние и внутренние изменения, более оперативное принятие решений;

— возможность построения эффективной системы мотивации, направленной на максимальный учет результатов работы;

— прозрачность за счет описания бизнес-процессов, их разумной формализации.

Основными понятиями процессного подхода являются:

Результат бизнес-процесса — то, ради чего осуществляется бизнес-процесс (получение на выходе некоторого результата, удовлетворяющего заданным требованиям).

Владелец бизнес-процесса — должностное лицо, несущее ответственность за получение результата процесса и обладающее полномочиями для распоряжения ресурсами, необходимыми для выполнения процесса.

Исполнители бизнес-процесса — команда специалистов из различных функциональных областей, выполняющих действия процесса.

Вход бизнес-процесса — ресурсы (материальные, информационные), необходимые для выполнения и получения результата процесса, которые преобразовываются или потребляются при выполнении процесса.

Ключевые показатели эффективности KPI (Key Performance Indicator), применяемые в качестве показателей результативности и/или эффективности бизнес-процесса.

Управление бизнес-процессами как подход к управлению компанией предусматривает необходимость совершенствования как отдельного процесса в частности, так и системы процессов в целом. Мировая практика показывает, что система управления, построенная на принципах процессного подхода, является более эффективной и результативной по сравнению с равной ей по масштабу функциональной системой.

При описании бизнес-процесса определяются:

— владелец;

— границы (границы ответственности и полномочий владельца процесса по управлению процессом);

— поставщики и входы;

— клиенты и выходы;

— ресурсы, необходимые для выполнения (находятся в распоряжении владельца процесса);

— технология выполнения;

— показатели оценки результатов.

В общем случае процессный подход к управлению позволяет:

— осуществить объединение работ, передав их в ведение так называемого «ситуационного центра», состоящего из специалистов различных областей, работающих совместно под общим контролем для достижения результата;

— унифицировать взаимосвязи участников бизнес-процесса и повысить скорость принятия решений как по ключевым стратегическим вопросам, так и в оперативных ситуациях за счет создаваемого ситуационного центра;

— сократить время контроля и согласования, способствующее снижению числа точек контроля и времени прохождения каждой из них при сохранении и увеличении качества работ за счет повышения «прозрачности» бизнес-процесса при совместной работе его участников;

— выполнить параллелизацию работ для получения экономии используемых ресурсов за счет сокращения общего срока работ;

— передать функции, не относящиеся непосредственно к основной деятельности компании, специализированным сторонним подрядчикам для сокращения расходов и получения более качественного результата.

Процессный подход к анализу деятельности компании предполагает построение полноценной и функциональной информационной модели, адекватно описывающей некоторые свойства моделируемой предметной области (различные аспекты функционирования компании). *Моделирование бизнес-процессов* предполагает их формализованное графическое описание.

В настоящее время при описании бизнес-процессов используются различные методологии моделирования, наиболее популярными из которых являются следующие:

— *SADT* (Structured Analysis and Design Technique), представляющая собой методологию структурного анализа и проектирования;

— *IDEF0* (Integration Definition for Function Modeling), являющаяся методологией функционального моделирования и применяемая для проектирования бизнес-процессов и данных;

— *DFD* (Data Flow Diagrams), представляющая собой методологию моделирования потоков данных и отображающая последовательность преобразования данных в ходе выполнения процесса;

— *IDEF3*, являющаяся методологией моделирования потоков работ и позволяющая рассматривать процессы с учетом последовательности выполняемых функций;

— *STD* (State Transition Diagram), рассматривающая диаграммы перехода состояний для проектирования систем реального времени;

— *ERD* (Entity-Relationship Diagrams), рассматривающая диаграммы «сущность–связь», которые применяются при логическом проектировании информационных систем;

— *FDD* (Functional Decomposition Diagrams), описывающая диаграммы функциональной декомпозиции;

— *UML* (Unified Modelling Language), являющаяся языком визуального моделирования, основанным на объектно ориентированном подходе, и позволяющая описывать статическую структуру системы и ее динамическое поведение;

— *ARIS* (Architecture of Integrated Information Systems), описывающая бизнес-процесс в виде потока последовательно выполняемых работ.

Среди современных информационных технологий и инструментальных средств, позволяющих осуществлять моделирование бизнес-процессов и обеспечивающих поддержку принятия управленческих решений, важное место занимают CASE-средства (Computer Aided Software Engineering).

В большинстве современных CASE-средств применяются методологии струк-

турного и функционального моделирования, обеспечивающие строгое и наглядное описание бизнес-процесса, начинающееся с его общего обзора с последующей детализацией и приобретающее иерархическую многоуровневую структуру.

Динамика изменения бизнес-среды функционирования современных компаний (развитие сети Интернет, глобализация, доминирование на рынке потребителя и т. д.) привела к необходимости постоянной корректировки стратегии, бизнес-процессов и организационной структуры компании без потери контроля над действующей системой управления для достижения текущих целей ее функционирования. В данном контексте CASE-средства стали применяться для широкого круга задач бизнес-анализа деятельности компаний, что позволяло проводить реинижиниринг бизнеса со значительно меньшими трудностями и рисками.

Программы, предназначенные для бизнес-моделирования, выделенные в отдельный класс, который на западном рынке получил название BMS (Business Modeling Software), характеризуются следующими ключевыми преимуществами:

— встроенной поддержкой процессного подхода;

— широкими возможностями визуального (графического) моделирования компании;

— формированием одинакового понимания бизнес-процессов компании сотрудниками различных подразделений, с разным уровнем квалификации;

— созданием единого информационного пространства для описания всех существенных аспектов функционирования компаний;

— разработкой различных отчетов в виде регламентных документов (положение о подразделении, должностные инструкции, регламент процесса, регламент процедуры, матрицы ответственности и др.).

К наиболее популярным средствам описания бизнес-процессов можно отнести:

— семейства Rational Rose (Rational Software) и Borland Together (Borland) для визуального моделирования на основе стандарта UML;

— семейство AllFusion Business Process Modeler (BPwin) (Computer Associates) как инструмент для моделирования, анализа, документирования и оптимизации бизнес-процессов;

— ARIS (IDS Scheer) как инструмент коллективной работы над совокупностью взаимосвязанных моделей различных типов, предназначенных для описания бизнес-процессов, данных и информационных систем, деятельности компаний;

— Visio (Microsoft) для создания различных типов моделей бизнес-процессов и данных, позволяющее создавать диаграммы и модели с применением различных методологий.

Среди современных апробированных и признанных во всем мире CASE-средств выделяется BPwin, реализованный на основе методологии IDEF различных нотаций. Использование BPwin позволяет построить целостную модель, состоящую из иерархически упорядоченного набора диаграмм, фрагментов текстов и глоссария, связанных друг с другом с помощью перекрестных ссылок. Посредством набора графических инструментов для отображения действий и объектов обеспечивается построение схем бизнес-процессов, на которых отображаются исходные данные, результаты операций, необходимые ресурсы, управляющие воздействия, взаимные связи между отдельными работами. BPwin совмещает средства моделирования функций (IDEF0), потоков данных (DFD) и потоков работ (IDEF3), координируя эти три основных аспекта производства.

Создаваемая в среде BPwin функциональная модель в формализованном виде наглядно представляет описание рассматриваемого бизнес-процесса, анализ реальности предстоящих решений, оценку материальных, стоимостных и временны́х ресурсов и других его характеристик, позволяя реализовать все преимущества процессного подхода, указанные выше.

Модель представляет собой иерархическую структуру взаимосвязанных диаграмм, описывающих указанный бизнес-процесс. Графический язык данной нотации IDEF методологии (рис. 1) содержит следующие графические элементы [1]:

— *единицы работ* (Unit of Work), обозначающие процессы, действия (именуются отглагольными существительными и изображаются в виде прямоугольников);

— *связи*, отображающие взаимоотношения работ (изображаются однонаправленными стрелками);

— *перекрестки* (Junction), используемые в нотации IDEF3 для отображения логики взаимодействия стрелок при слиянии и разветвлении или для отображения множества событий, которые могут или должны быть завершены перед началом следующей работы.

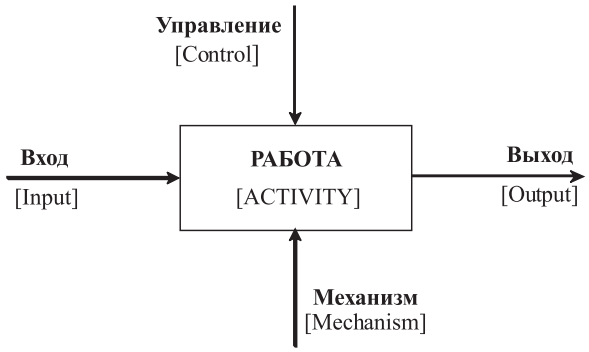


Рис. 1. Синтаксис диаграмм IDEF-методологии описания бизнес-процессов

Каждая сторона прямоугольника, отображающего работу, имеет определенное назначение (вход, управление, выход, механизм), отражающее системные принципы: вход (материальные и информационные объекты) преобразуется в выход (материальные и информационные объекты) с помощью механизма (исполнитель), реализующего бизнес-процесс, при наличии управления (материальные и информационные объекты, не преобразуемые в ходе реализации бизнес-процесса, но ограничивающие или предписывающие условия выполнения преобразований).

Работы располагаются на диаграмме в порядке функционального доминирования (по степени важности или порядку следования), которое демонстрируется топологией диаграммы, и могут быть декомпозированы до нужного уровня детализации на другой диаграмме. В результате получается модель, аппроксимирующая бизнес-процесс с заданным уровнем точности (модель AS IS), что позволяет аналитику увидеть все его наиболее уязвимые места и с учетом выявленных недостатков строить модель новой организации бизнес-процесса (модель TO BE).

Для наглядной демонстрации возможностей данного CASE-средства автором статьи в качестве предметной области был выбран морской транспорт.

Морской транспорт как составляющая производственной инфраструктуры выполняет важную задачу в обеспечении транспортных потребностей страны, поэтому его эффективное функционирование является одной из государственных задач. Основная сфера деятельности морского транспорта — реализация внешнеэкономических связей России и транспортное обслуживание регионов Дальнего Востока и Крайнего Севера. Однако высокая стоимость и техническая сложность основных фондов, в первую очередь объектов портовой инфраструктуры, требуют значительных инвестиционных ресурсов для развития.

Как показывает мировой опыт, эффективным инструментом привлечения инвестиций в развитие объектов транспортной инфраструктуры является государственно-частное партнерство в форме концессий, обеспечивающих баланс интересов бизнеса и потребителей услуг при сохранении стратегического контроля государства над этими объектами, что закреплено в российском законодательстве с 2005 г. [1]. При этом за государством сохраняется роль основного инвестора, а одним из инструментов активной государственной инвестиционной политики становится Инвестиционный фонд РФ, созданный с целью софинансирования инвестиционных проектов (ИП), имеющих общегосударственное значение и реализуемых на условиях государственно-частного партнерства. В условиях бюджетных ограничений эффективное использование средств Инвестиционного фонда РФ становится первоочередной задачей.

Предоставление бюджетных ассигнований из Инвестиционного фонда РФ регламентируется «Правилами формирования и использования бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда РФ» [2], анализ которых позволил идентифицировать процесс предоставления бюджетных ассигнований при реализации инвестиционных проектов на

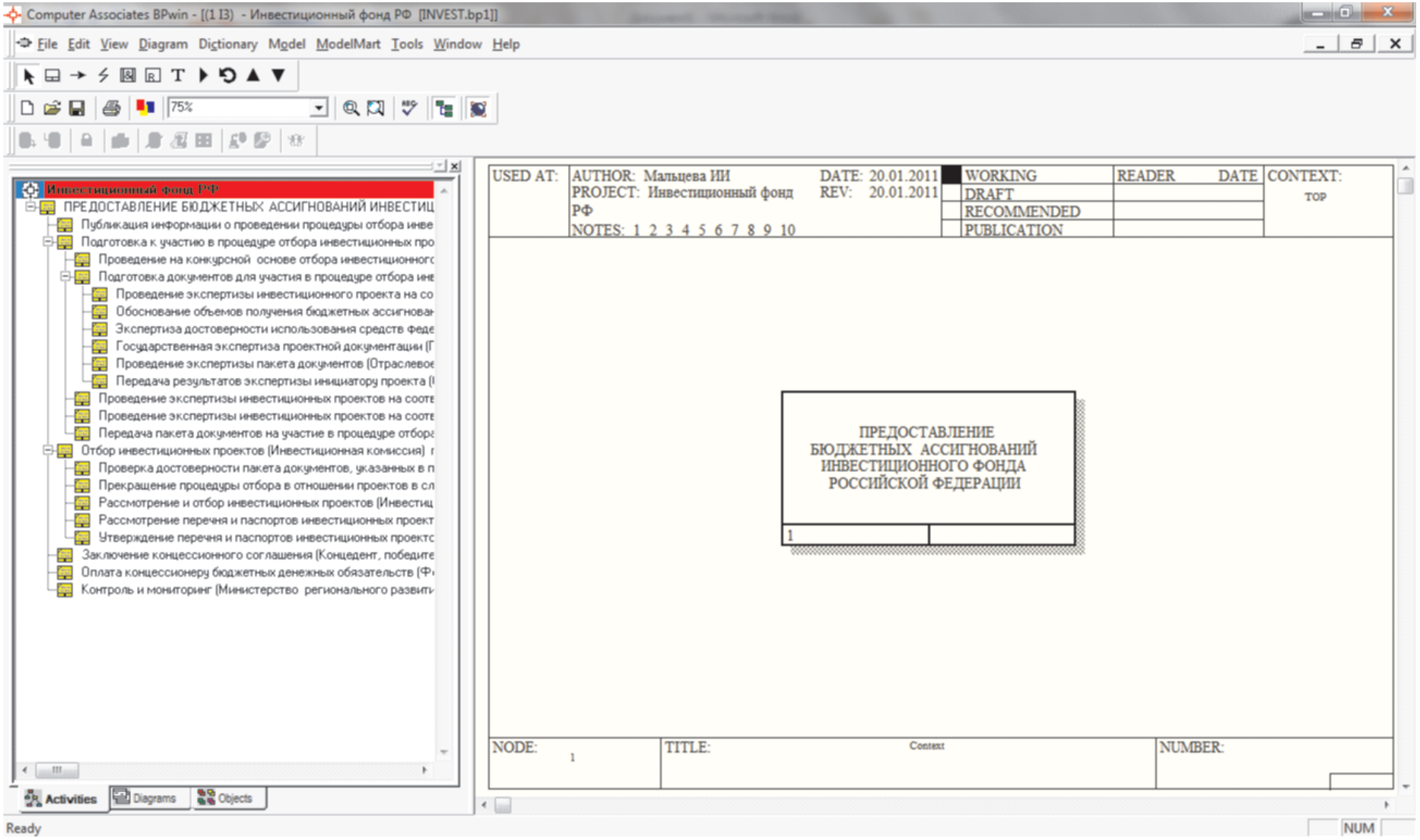


Рис. 2. Контекстная диаграмма модели бизнес-процесса предоставления бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда РФ, выполненной в среде AllFusion Process Modeler 4.0 (BPwin 4.0)

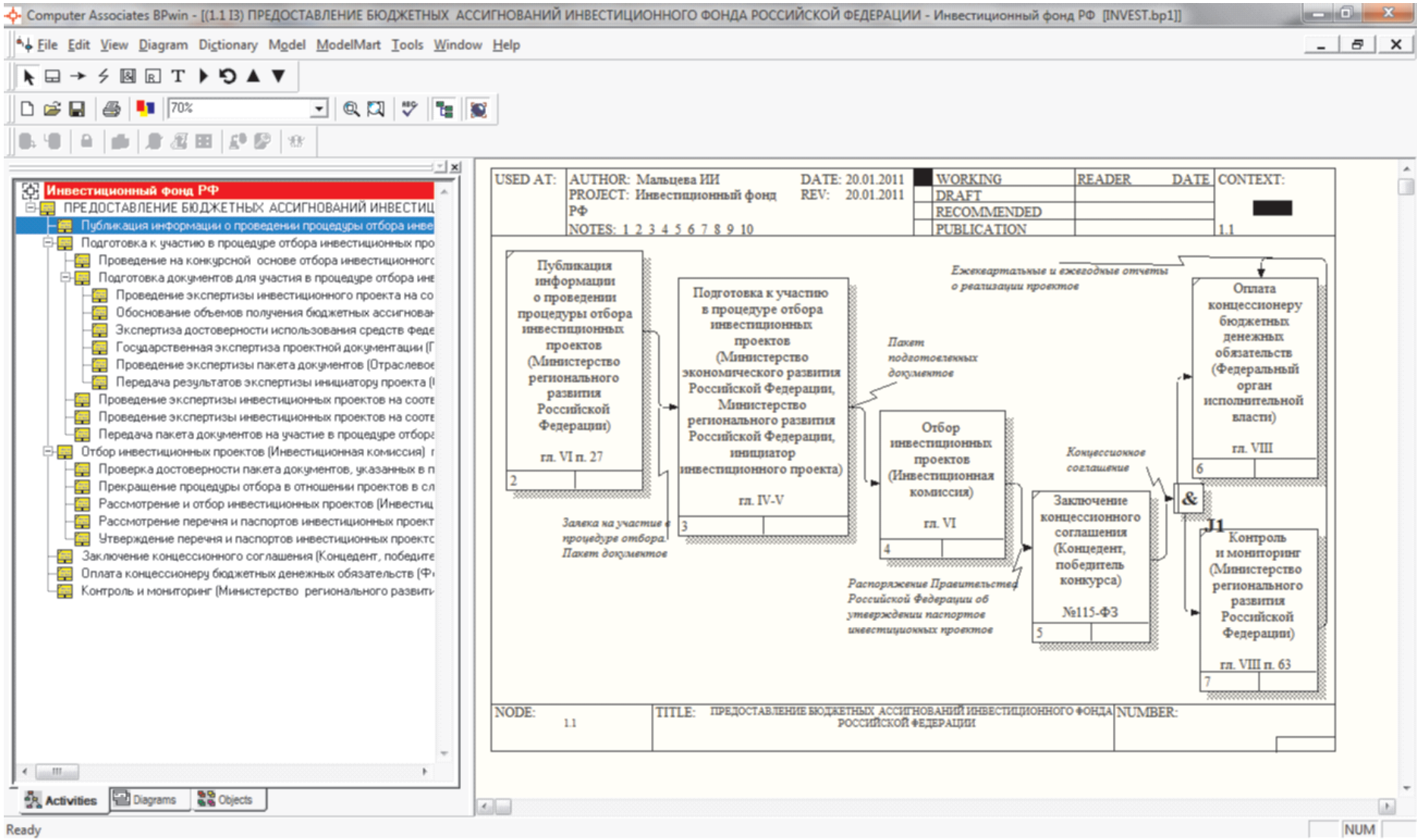


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции 1-го уровня модели бизнес-процесса «Предоставление бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда Российской Федерации»

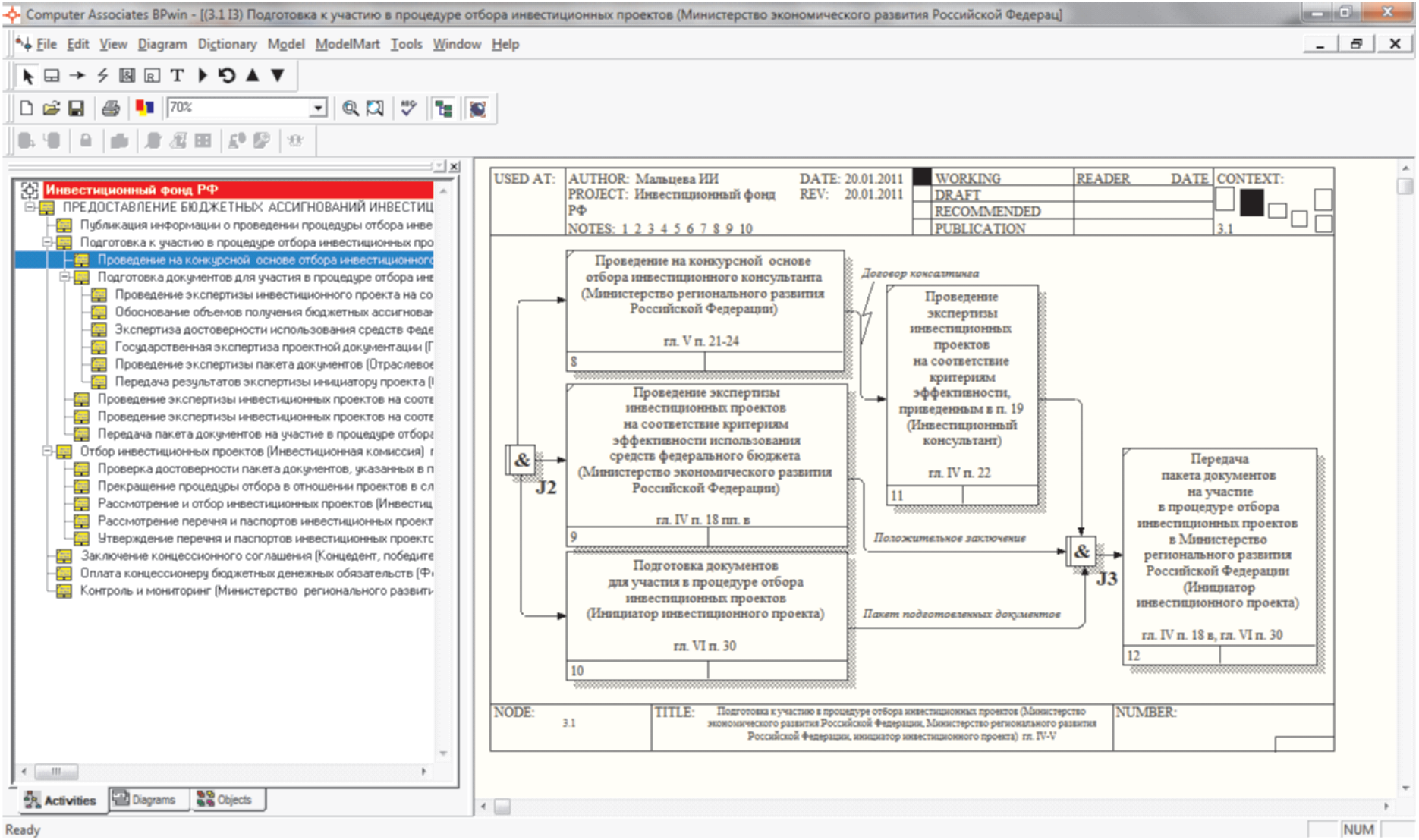


Рис. 4. Диаграмма декомпозиции 2-го уровня «Подготовка к участию в процедуре отбора инвестиционных проектов»

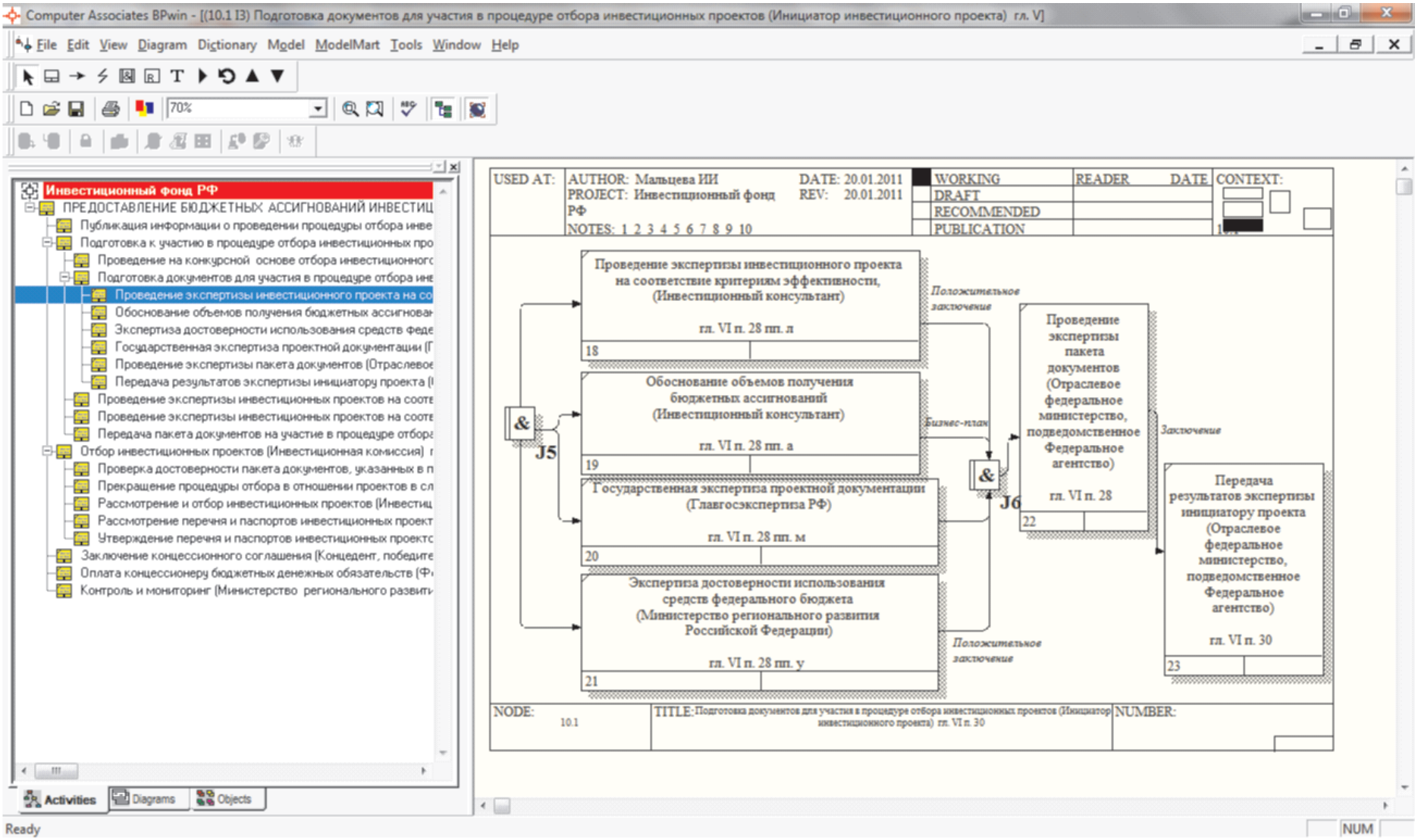


Рис. 5. Диаграмма декомпозиции 3-го уровня «Подготовка документов для участия в процедуре отбора инвестиционных проектов»

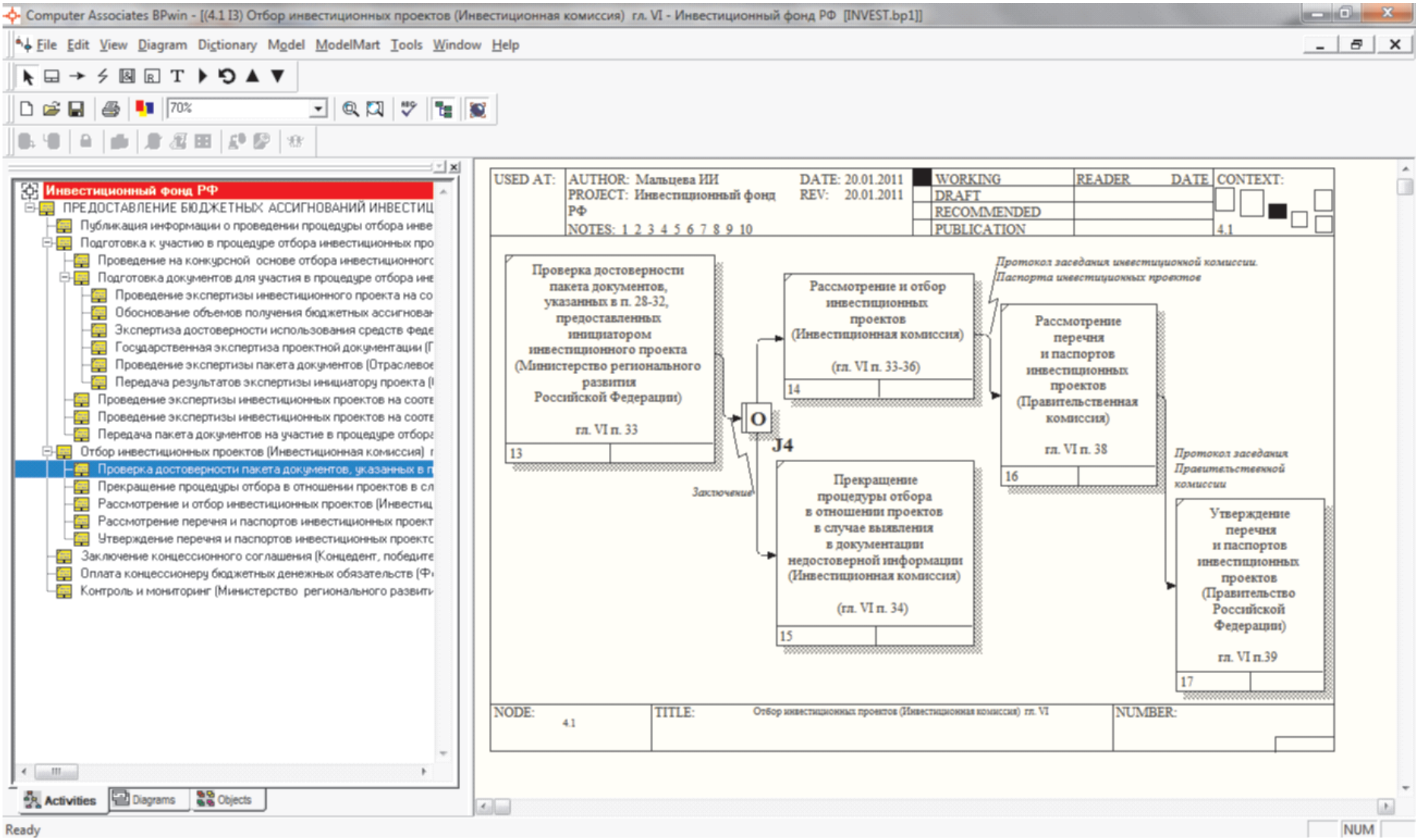


Рис. 6. Диаграмма декомпозиции 2-го уровня «Отбор инвестиционных проектов»

основе государственно-частного партнерства как бизнес-процесс и использовать при его моделировании пакет AllFusion Process Modeler 4.0 (BPwin 4.0) в нотации IDEF3. Построенная модель (рис. 2–6) представляет собой иерархическую трехуровневую структуру взаимосвязанных диаграмм, описывающих логику и временну́ю последовательность выполнения работ указанного бизнес-процесса.

Результаты моделирования бизнес-процесса позволили выявить следующие проблемные точки и сформулировать приведенные ниже основные выводы.

При подготовке к участию в процедуре отбора ИП инициатор проекта должен предоставить пакет документов (рис. 3–5) для предварительной экспертизы и получить положительное заключение инвестиционных консультантов, осуществлявших экспертизу данного проекта, с обоснованием качественных (отсутствие конфликта интересов, социальные эффекты, экологическая безопасность) и количественных (показатели финансовой, бюджетной и экономической эффективности) критериев отбора [2]. Анализ перечня документов, предоставляемых инициатором проекта, свидетельствует о неопределенности сроков и сложной процедуре заключения инвестиционного соглашения, что может служить фактором, сдерживающим частных инвесторов от участия в совместных государственно-частных инвестиционных проектах. Кроме того, для качественного отбора ИП их экспертиза на соответствие установленным критериям отбора должна проводиться высококвалифицированными инвестиционными консультантами, отвечающими установленному критерию профессионализма (рис. 4–5).

После заключения концессионного соглашения (рис. 3) своевременная реализация ИП, особенно региональных проектов на условиях софинансирования с региональными органами государственной власти, будет напрямую зависеть от регулярности поступлений ассигнований из Инвестиционного фонда РФ, поэтому государство должно обеспечить гарантии исполнения регламента выделения инвестиционных ресурсов в полном объеме. Кроме того, сокращение сроков реализации ИП может быть обеспечено осуществлением организационных мероприятий, связанных с финансированием из средств Инвестиционного фонда РФ, параллельно с процессом заключения соглашения по проекту.

Выступая инициатором государственно-частного партнерства, государство вынуждено привлекать частный капитал к реализации общественно значимых проектов в силу общепризнанной большей эффективности частного бизнеса по сравнению с государственным управлением и имеющимися бюджетными ограничениями, приводящими к невозможности исполнения государством своих социальных функций в полном объеме, в том числе и на морском транспорте. Но при этом за ним остаются основные рычаги регулирования и контроля: тарифная политика, контроль за безопасностью и экологичностью объекта партнерства, качеством обслуживания потребителей. Повышение «прозрачности» и качества реализации ИП должно быть обеспечено регулярным проведением государственного контроля и мониторинга (рис. 3).

Таким образом, моделирование бизнес-процесса предоставления бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда РФ при реализации инвестиционных проектов на основе государственно-частного партнерства с использованием CASE-средства AllFusion Process Modeler 4.0 (BPwin 4.0) позволило идентифицировать пути его оптимизации: передача функций, не относящихся к основной деятельности по проекту, сторонним консалтинговым компаниям для сокращения расходов и получения более качественного результата, параллелизация работ для экономии временны́х ресурсов, проведение регулярного контроля и мониторинга работ.

Список литературы

1. *Маклаков С. В.* Моделирование бизнес-процессов с ALLFusion Process Modeler (BPWin 4.1) / С. В. Маклаков. — М.: Диалог-МИФИ, 2004. — 240 с.

2. Об утверждении правил формирования и использования бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда Российской Федерации: Постановление Правительства Рос. Федерации от 1 марта 2008 г. № 134 [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://base.garant.ru/12159225

3. О концессионных соглашениях: федер. закон Рос. Федерации от 21 июля 2005 г. № 115-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации от 6 июля 2005 г.: одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации от 13 июля 2005 г. // Рос. газета. — 2005. — 26 июля.

УДК 658.14:330.30.322

Т. И. Комарова,
аспирант,
СПГУВК

ИНВЕСТИЦИИ В ОБНОВЛЕНИЕ ОСНОВНОГО КАПИТАЛА СУДОСТРОЕНИЯ

INVESTMENTS INTO THE SHIPBUILDING FIXED CAPITAL RENOVATION

В статье рассматривается структура инвестиций в основной капитал различных областей промышленности в Российской Федерации. Объясняется необходимость российских и иностранных инвестиций в обновление основного капитала судостроительных предприятий.

The article considers structure of investments into fixed capital of various areas of the industry in the Russian Federation. Nessesity of the Russian and foreign investment into fixed capital updating of the shipbuilding enterprise is explained.

Ключевые слова: инвестиции, основной капитал, мировой финансово-экономический кризис, государственная поддержка, судостроительная промышленность.

Key words: investment, fixed capital, the world financial and economical crisis, the state support, the shipbuilding industry.

ОСНОВНОЙ капитал предприятия — это капитал, который принимает участие в производстве товара, переносит свою стоимость на новый продукт по частям в течение определенного периода времени. К нему можно отнести здания, сооружения, оборудование. Для производства конкурентоспособной продукции необходимо, чтобы основной капитал соответствовал международным требованиям рынка. Чтобы создавать качественную продукцию, соответствующую меняющимся требованиям, необходимы постоянные вложения в обновление основного капитала. Инвестиции в обновление основного капитала — это неотъемлемая часть деятельности любого предприятия. Объемы этих инвестиций меняются в зависимости от потребностей предприятия. Инвестиции — это денежные средства, направленные на восстановление, расширение и реконструкцию основного капитала.

Даже в докризисный 2007 г. по сравнению с США Россия вкладывала очень небольшие средства в обновление основного капитала. Американские инвестиции составляли 2134,0 млрд долларов, в то время как российские — 262,0 млрд долларов.

В структуре инвестиций в основной капитал в России лидером в потреблении этих вложений являются транспорт и связь. Здесь потребляется более 1/5 всех инвестиций в основной капитал. Далее идут операции с недвижимым имуществом, обрабатывающая и добывающая промышленность, сельское хозяйство. Однако если рассмотреть более подробно структуру инвестиций, то можно уви-

деть, что инвестиции в производство машин и оборудование в 14 раз меньше, чем в добычу топливно-энергетических ископаемых; в выпуск электрического оборудования — в 26; судов, летательных и космических аппаратов и прочих транспортных средств — в 32 раза.

По данным Росстата, за 2009 г. сокращение инвестиций составило 17 % к 2008 г. (в 2008 г. был рост на 9,8 %), что лучше прогноза аналитиков (17,3 %) и Минэкономразвития (17,6 %). В номинальном выражении объем инвестиций в 2009 г. составил 7 трлн 539,9 млрд рублей.

Минэкономразвития прогнозирует рост инвестиций в основной капитал в 2010 г. на 2,9 % [1].

Несмотря на технико-технологические и финансово-экономические различия, имеющиеся между отраслями промышленности, необходимость обновления основных производственных фондов актуальна для всех отраслей. Рассмотрим структуру инвестиций в различные области промышленности в Российской Федерации.

Таблица 1

Структура инвестиций в основной капитал

	2008 г., %
Инвестиции в основной капитал	100
В том числе:	
Сельское хозяйство	4,4
Добыча полезных ископаемых	14,1
Обрабатывающие производства	15,6
— пищевых продуктов	2,2
— металлургическое производство	3,6
— машины и оборудование	0,9
— транспортные средства и оборудование	1,2
Из них: суда, летательные и космические аппараты и прочие транспортные средства	0,4
Транспорт и связь	24,8
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	7,7
Операции с недвижимым имуществом	17,0
Образование	2,0
Здравоохранение	2,4
Прочее	12,0

Четко видно, какие из видов экономической деятельности являются приоритетными. На остальные же выделяются средства в размере менее 10 % от общего объема инвестиций. Можно сказать, что российская экономика демонстрирует уже сложившуюся для нее структуру, в которой основными направлениями развития считаются добывающая и обрабатывающая промышленность.

Из табл. 1 видно, что на водный транспорт выделяются совсем незначительные вложения по сравнению с остальными отраслями промышленности.

Если рассмотреть динамику инвестиций начиная с 1995 г., то можно увидеть значительный спад вложений в жилищное и производственное строительство. Инвестиции в основные производственные фонды, наоборот, растут.

Таблица 2

Структура инвестиций по видам основных фондов, в % к итогу [2]

	1995 г.	1998 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
Инвестиции в основной капитал	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
В том числе: жилища	16,3	16,3	11,3	11,4	12,2	12,6	11,9	12,0	11,8	13,0	14,1
здания, сооружения	45,1	45,1	43,1	41,8	41,0	43,5	41,9	40,4	40,9	41,7	44,3
машины, оборудование, транспортные средства	29,9	29,9	36,6	35,0	37,7	37,1	40,4	41,1	40,5	38,9	35,4
прочее	8,7	8,7	9,0	11,8	9,1	6,8	5,8	6,5	6,8	6,4	6,2

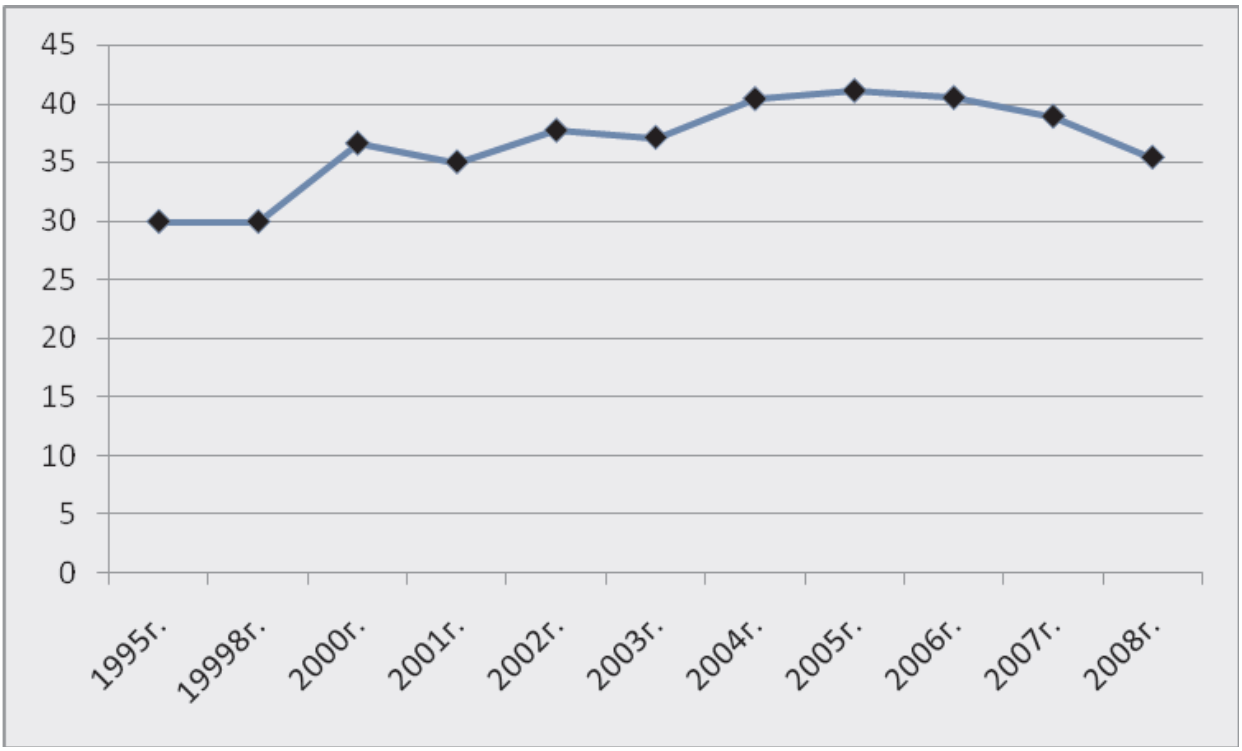


Рис. 1. Объем инвестиций в машины, оборудование, транспортные средства

Более половины инвестиций обычно направляется в строительство, в основном в производственное; примерно 40 % — на приобретение машин, оборудования, транспортных средств. До 2005 г. инвестиции в строительство зданий и сооружений снижались, в отличие от инвестиций в машины, транспортные средства. С 2006 г. ситуация меняется — вложения в активную часть основных фондов начали сокращаться, а в строительство — расти. Возможно, это связано с тем, что с 2006 г. началась жесткая конкуренция на рынке продукции обрабатывающих производств.

Судостроение является одной из ключевых отраслей российской промышленности. В настоящее время в составе судостроительной промышленности 160 предприятий, на которых занято около 200 тыс. работников. Балансовая стоимость основных производ-

ственных фондов этой отрасли составляет около 58 млрд рублей [3].

В марте 2008 г. Правительство Российской Федерации утвердило Федеральную целевую программу «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы». Согласно этому документу в ближайшие восемь лет 136,4 млрд рублей (из них 90,6 млрд рублей из Федерального бюджета) будет потрачено на разработку и закупку новых технологий. Основные направления этой программы показаны на рис. 2.

Для реализации всех этих направлений необходима полная модернизация отрасли. На сегодняшний день одной из главных проблем судостроения является изношенность оборудования, отсталость технологий. Износ основного производственного оборудования составляет около 70 %. Также практически отсутствуют зарубежные вложения в российское судостроение. Вследствие этого происходит снижение конкурентоспособности продукции судостроительной отрасли, сокращение заказов на строительство кораблей. Если не решать эти проблемы, то отечественное судостроение будет вытеснено с мирового и внутреннего рынка. Именно по этой причине российские судовладельцы почти 95 % тоннажа строили за границей. По опубликованным данным, Газпром планирует заказать 8 метановозов на Северной верфи и Выборгском судостроительном заводе, но при этом он ставит жесткие условия технического перевооружения предприятий. Не исключено, что и многие другие заказчики в скором времени будут ставить это одним из основных условий при заключении контрактов с судостроительными заводами.

Инвестиции в судостроительную промышленность чаще всего направляются на строительство складских терминалов, административных центров. Под судостроительной промышленностью в Российской Федерации понимаются все российские судостроительные и судоремонтные компании, предприятия судового машиностроения и морского приборостроения, НИИ, организации, обеспечивающие производство оружия для обеспечения ВМФ. Необходимо в первую очередь перенаправить инвестиции на обновление именно оборудования, с помощью которого производится продукция этой отрасли.

Конечно, значительное влияние на судостроительную отрасль во всех странах оказал мировой финансово-экономический кризис. Судовладельцы практически перестали заказывать суда. Если в январе 2008 г. было заказано более 600 новых судов, то в сентябре



Рис. 2. Направления Федеральной целевой программы

количество контрактов уменьшилось до 127, а в последнем квартале 2008 г. до 75 судов. В первом квартале 2009 г. было заказано только 26 судов суммарным дедвейтом 1,3 млн т, что составило 3 % от объема заказов того же периода 2008 г. [4]. Да, строительство судна длится несколько лет и, казалось бы, можно выстоять за счет заказов, которые были сделаны несколько лет назад, но, к сожалению, большинство этих заказов сейчас аннулируется в связи с недостаточными финансовыми возможностями заказчиков.

Однако можно надеяться, что для России этот период окажется плодотворным, так как в настоящее время существует большая потребность в транспортных и промысловых судах, плавсредствах для освоения шельфа, других судах. Конечно, для удовлетворения этих потребностей необходимо участие государства. В Санкт-Петербурге в условиях кризиса мощным инструментом поддержки отрасли является государственные заказ, в частности оборонный заказ. Доля оборонного заказа в нашем городе составляет примерно 10–15 % от общего объема промышленного производства.

Министерством промышленности и энергетики Российской Федерации разработана «Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2030 года». Она утверждена приказом Минпромэнерго России от 6 сентября 2007 г. № 354. Она определяет основные принципы и направления, которые призваны обеспечить развитие судостроительной отрасли. Одним из основных направлений решения проблем судостроения в Стратегии является развитие научно-технического и производственного потенциала, комплексная модернизация и техническое перевооружение отрасли. Эта задача должна быть реализована в течение 2011–2015 гг., именно такие сроки обозначены в Стратегии.

Очень важно привлекать иностранных инвесторов, которые не только имеют современные технологии, производственное оборудование, соответствующее современным требованиям производств, но и большой опыт продвижения продукции на мировые рынки. Однако для них необходимо создать благоприятный инвестиционный климат, в частности нормативно-правовое регулирование, налоговые и таможенные льготы.

Современные верфи необходимы стране для создания мощного современного военного и гражданского флота, ледоколов, а также крупногабаритной морской техники, необходимой для освоения месторождений на морском шельфе.

Оказание своевременной поддержки государства позволит обеспечить судостроительной промышленности производить продукцию, которая сможет конкурировать на внешнем рынке.

В настоящее время сохраняются благоприятные внешние и внутренние факторы, позволяющие увеличить объем выпуска продукции, улучшить экономические показатели предприятий. К ним можно отнести укрепление национальной валюты, государственные заказы, инвестиции зарубежных партнеров. При этом по-прежнему остается нерешенной проблема недостаточно развитой материальной базы предприятий, изношенность основного капитала отраслей. Для преодоления этих проблем и обеспечения темпов экономического роста необходимо ускорить обновление основного капитала предприятий, стимулировать инвестиционные процессы, удовлетворять потребности предприятий в финансировании. Одним из направлений решения этих задач является реализация новых подходов к обновлению основного капитала с использованием экономических, правовых, налоговых рычагов и инструментов.

Список литературы

1. http://rosfincom.ru/macroeconomic/549242.html

2. *Алексеев А.* Структура инвестиций: насколько она передовая? / А. Алексеев, Н. Кузнецова // Экономист. — 2010. — № 3.

3. *Астапов К.* Проблемы и перспективы развития судостроения в России / К. Астапов // Общество и экономика. — 2008. — № 2.

4. Судоходство и судостроение. Статистика. Экономика. Цены. — СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2009. — Вып. 11.

УДК 338.001.76

Е. Н. Быкова,
Московская государственная
академия водного транспорта

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПОРТОВЫХ ОСОБЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗОН В РОССИИ

PROBLEMS OF DEVELOPING OF SPECIAL ECONOMIC PORT ZONES IN RUSSIA

Статья посвящена созданию зональных институтов экономического роста, функционирующих в режиме благоприятствования предпринимательской деятельности — особым экономическим зонам, создаваемым в Российской Федерации на современном этапе. В статье внимание сконцентрировано на создании и развитии определенного типа особых экономических зон — портовых.

Article is devoted to the creation of zonal institutes of the economic growth functioning in a mode of preference of enterprise activity — to the special economic zones created in the Russian Federation at the present stage. In article the attention is concentrated on creation and development of certain type of special economic zones — port.

Ключевые слова: особая экономическая зона, портовая экономическая зона, режим преференций, особый налоговый, таможенный и административный режим.

Key words: special economic zone, port economic zone, preferential treatment, special tax, customs and administrative regime.

СОЗДАНИЕ в России отдельных территорий содействия предпринимательству и инвестициям — особых экономических зон — одна из перспективных мер по вхождению в пространство мирохозяйственных связей и построению инновационной экономики. При принятии в 2005 г. закона [1], провозглашающего легитимность создания особых экономических зон и инициирующего их развитие, ОЭЗ рассматривались как площадки для наукоемкого, инновационного, высокотехнологичного производства и как особые территории для привлечения отечественного и иностранного капитала, направленного на развитие инвестиционного потенциала национальной экономики.

В соответствии с действующим законодательством на территории Российской Федерации могут создаваться особые экономические зоны различных типов:

1) промышленно-производственные особые экономические зоны;

2) технико-внедренческие особые экономические зоны;

3) туристско-рекреационные особые экономические зоны;

4) портовые особые экономические зоны.

Для этих зон действует особый режим осуществления предпринимательской деятельности, основные компоненты которого представлены на рис. 1.

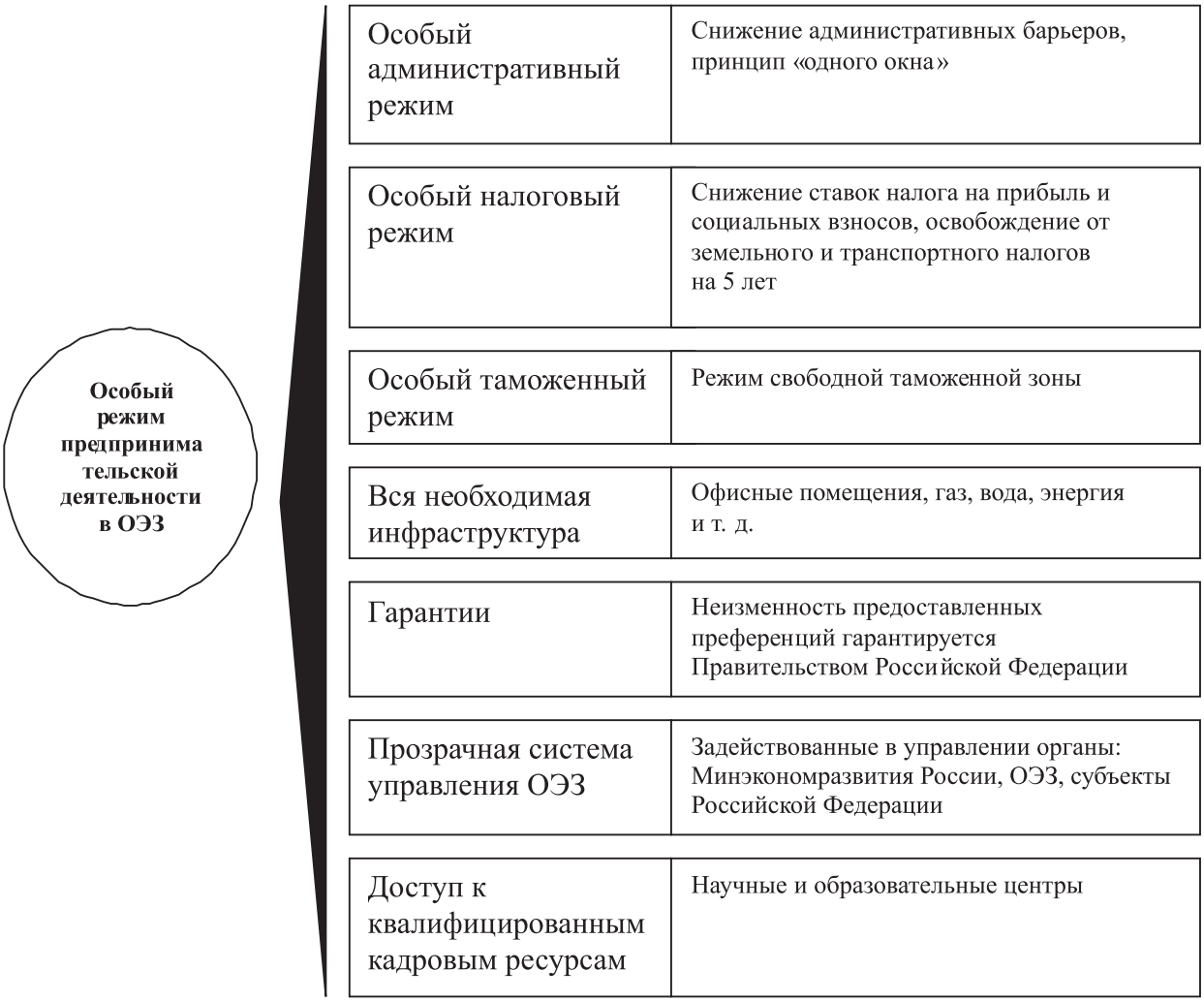


Рис. 1. Основные компоненты режима благоприятствования предпринимательской деятельности на территории ОЭЗ

По подсчетам экспертов, налоговые, таможенные и административные преференции, которые получают резиденты ОЭЗ, могут снизить их издержки на 30 %, и речь идет не только о прямой финансовой выгоде, но и о том, что экономический смысл создания зон включает ясные, прозрачные и цивилизованные правила игры. Тем не менее особой активности получить статус резидента ОЭЗ в стране не наблюдалось, что обусловлено, с нашей точки зрения, недостатками инвестиционного климата в России, тормозящими приход иностранного капитала в ОЭЗ и недостаточностью льготных инструментов функционирования зон, тормозящей приток отечественных и иностранных инвесторов в зоны.

В 2010 г. на федеральном уровне получил развитие новый стратегический подход к созданию и функционированию особых экономических зон, смысл которого заключается в том, что организационная и правовая система зонирования спускается в том числе и на региональный уровень. Реализация данного подхода началась с упразднения федерального агентства по особым экономическим зонам и передачи всех его полномочий Минэкономразвития и региональным органам управления. При этом механизм льготирования постоянно совершенствуется и в этом совершенствовании значительную роль играют региональные органы власти. Так, в Санкт-Петербурге технико-внедренческая особая экономическая зона «Нойдорф» имеет ставку налога на прибыль на уровне 13,5 %.

Новый стратегический подход к эффективному функционированию института зони-

рования предусматривает и новые направления формирования зон, прежде всего портовых.

В последнее время рост национальной экономики все больше сталкивается с проблемами развития транспортной сети. Существенное отставание доли грузоперевозок морским и воздушным транспортом в структуре общих грузовых перевозок Российской Федерации и снижение доли грузооборота морского и речного транспорта являются следствием неразвитости портовых инфраструктур, не отвечающих потребностям современной экономики.

Одной из возможных форм привлечения инвестиций и дальнейшего развития экономического потенциала производственной деятельности морских, речных портов и аэропортов может стать создание на их базе образований с особыми экономическими условиями функционирования — портовых особых экономических зон (ПОЭЗ).

Целесообразность их создания обусловлена рядом причин, формирующих целевые ориентиры функционирования ПОЭЗ; ключевые их них:

1. Россия имеет исключительно выгодное геополитическое и географическое положение, связанное с ее близостью к мировым рынкам. Поэтому создание портовых зон рассматривается во взаимосвязи с вопросами формирования и развития международных транспортных коридоров. Развитие инфраструктуры портовых коммуникаций будет способствовать инновационному развитию национальной экономики, и прежде всего развитию транзитного потенциала портового хозяйства.

2. ПОЭЗ могут стать реальными эпицентрами технологического прорыва России на качественно новый, современный уровень развития транспортной отрасли.

3. В России создана определенная правовая база по становлению и развитию ПОЭЗ, действующая с 2007 г.

Несмотря на очевидную эффективность ПОЭЗ, подтвержденную мировым опытом, и наличия действенных предпосылок создания этих зон в России, практика их создания в стране явно неудовлетворительна. В настоящее время в России создано лишь три ПОЭЗ, из которых реально функционируют только две. Их правовое функционирование, связанное с механизмом законодательного оформления статуса зоны, получило развитие лишь в 2009 г. (Хабаровская ПОЭЗ и Ульяновская ПОЭЗ) и в октябре 2010 г. (Мурманская ПОЭЗ), поэтому пока рано констатировать эффективность их создания и функционирования.

Основные причины ситуации недостаточного создания ПОЭЗ состоят в существенных недостатках их организационно-правового режима. Анализ соответствующей нормативно-правовой базы позволил идентифицировать основные направления совершенствования организационно-правового режима, находящегося сегодня в стадии становления:

Во-первых, действующее законодательное ограничение видов деятельности, включаемых в понятие «портовое хозяйство», и прежде всего необоснованное лимитирование видов сборочного производства, — одна из причин недостаточного развития ПОЭЗ. При этом в первом варианте закона вообще не существовало данного вида деятельности, сегодня закон допускает существование сборочного производства, но вводит пределы его развития — простые сборочные и иные операции, осуществление которых существенно не изменяет состояние товара, в соответствии с перечнем, утверждаемым Правительством Российской Федерации. Жесткое лимитирование видов деятельности в ПОЭЗ — с нашей точки зрения, важная причина их недостаточного развития. Действительно, одной из самых успешных на сегодняшний день ОЭЗ в России является Калининградская область, где целый ряд правовых и организационных полномочий делегирован в руки местных властей. Кроме того, для Калининградской области Федеральным законом № 16-ФЗ от 10 января 2006 г. предусмотрены особые условия функционирования ОЭЗ (распространение режима ОЭЗ на территорию всей области, значительные налоговые и таможенные льготы). Кроме того, немаловажно и то, что правовой режим Калининградской области объединяет элементы различных типов ОЭЗ. По сути, это первая комплексная ОЭЗ на территории России. В то же время

эффективность развития свободных портов мира (аналоги ПОЭЗ) свидетельствует о комплексном характере их деятельности и о том, что основной сферой деятельности, обеспечивающей эффективное развитие ПОЭЗ, является именно сборочное производство.

Таким образом, с нашей точки зрения, разрешенные на территории ПОЭЗ виды деятельности не являются достаточно инвестиционно привлекательными для частного сектора (инвесторов), который в основном является резидентом данного типа зоны.

Во-вторых, налоговые льготы, предусмотренные для ПОЭЗ, имеют чрезвычайно ограниченный характер. Предоставляемые законодательством преференции для ПОЭЗ основываются на региональных (местных) налогах либо на их части. Следует отметить, что эти стимулирующие льготы могут быть получены и без статуса резидента ПОЭЗ на конкретных условиях, определяемых инвестором и региональными властями. Таким образом, частный сектор имеет возможности для развития и без статуса резидента ПОЭЗ благодаря упрощенному режиму налогообложения и региональным программам поддержки бизнеса.

Новый подход к становлению и развитию ПОЭЗ предусматривает механизм развития налогового льготного режима. В частности, рассматривается вариант ликвидации федеральной составляющей по налогу на прибыль, но эта мера не создаст условий для притока резидентов на территорию ПОЭЗ, поскольку механизм налогового льготирования будет по-прежнему носить значительно более ограниченный характер, чем в других странах. Даже у наших ближайших соседей — Белоруссии и Казахстана — режим ОЭЗ благоприятнее. Это прежде всего касается масштаба льгот по налогу на прибыль (ставка — от 0 до 12 %). Также применяются льготные тарифы на воду, электроэнергию, газ. Но и там успешны лишь один-два проекта (СЭЗ «Брест» в Белоруссии и специальные экономические зоны «Астана — новый город» и «Морпорт Актау» в Казахстане), что также связано с недостаточным развитием инвестиционного климата этих государств.

С нашей точки зрения, только совершенствование инвестиционного климата будет способствовать изменению отношения инвесторов к системе зонирования в России, и прежде всего дальнейшее развитие налогового льготирования, в частности введение ставки налога на прибыль на уровне 10 % и не выше. Этот уровень обусловлен существующим законодательством по возможности развития налогового кредитования и рядом других нормативных актов по развитию инвестиционной деятельности.

В-третьих, российское законодательство о ПОЭЗ вводит ограничения в получении статуса зоны по субъектному составу. Так, ПОЭЗ не могут включать в себя имущественные комплексы, предназначенные для посадки пассажиров на суда, их высадки с судов и для иного обслуживания пассажиров. Следовательно, на получение статуса ПОЭЗ могут претендовать только комплексы, предназначенные для осуществления исключительно грузовых перевозок. Жесткость названного ограничения, на наш взгляд, может быть оправдана далеко не во всех случаях, в связи с этим необходима дифференциация этого параметра при создании отдельных ПОЭЗ.

Отмечены лишь некоторые явно выраженные недостатки при создании ПОЭЗ, которые не снижают значения этих организационных структур экономики, поскольку их развитие способно обеспечить прорыв национальной экономики к инновационному пути. При этом успех проекта ПОЭЗ возможен только при создании четких правил игры и эффективных механизмов поддержки частных инвесторов, намеренных стать резидентами ОЭЗ.

Список литературы

1. Об особых экономических зонах в Российской Федерации: федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2005 г. № 116-ФЗ (в ред. федер. законов от 3 июня 2006 г. № 76-ФЗ, от 30 окт. 2007 г. № 240-ФЗ, от 23 июля 2008 г. № 160-ФЗ, от 25 дек. 2009 г. № 340-ФЗ).

2. О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. Закон Рос. Федерации от 8 нояб. 2007 г. № 261-ФЗ.

3. О создании на территории Хабаровского края портовой особой экономической зоны: Постановление Правительства Рос. Федерации от 31 дек. 2009 г. № 1185.

4. *Фурщик М.* Перспективы особых экономических зон в условиях финансового кризиса / М. Фурщик, Е. Ушаков // Менеджмент и бизнес-администрирование (МБА). — 2009. — № 3.

УДК 338.2:658.1

Н. Н. Селезнева,
д-р экон. наук, профессор,
СПГУВК;

А. С. Забелло,
аспирант,
СПГУВК.

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ

ESTIMATION THE COST OF THE TRANSPORT COMPANY THROUGH THE CONCEPT OF VALUE ADDED

Рассматривается современная парадигма финансового менеджмента — концепция стоимостного подхода к оценке бизнеса. Проводится сравнительный анализ основных моделей оценки стоимости компании на основе добавленной стоимости. Показана взаимосвязь между показателями рыночной и экономической добавленной стоимости. Приводятся результаты расчета стоимости ОАО «Международный аэропорт "Шереметьево"».

Discusses the modern paradigm of financial management-concept approach to measuring business value. A comparative analysis of fundamental valuation models for companies based on value added. Shows the relationship between market and economic value. Provides the results of the calculation of the cost of the OJSC "International Airport 'Sheremetyevo'".

Ключевые слова: концепция стоимостного подхода к оценке бизнеса, модели оценки стоимости компании на основе добавленной стоимости, взаимосвязь рыночной и экономической добавленной стоимости.

Key words: concept value approach to business management, valuation models for companies, market value added, economic value added.

Создатель,
сделай так, чтобы больше всего люди любили труд и знание,
чтобы труд и знание стали единственным смыслом их жизни!
Аркадий и Борис Стругацкие. Трудно быть богом. Гл. 8

В НАСТОЯЩЕЕ время проблемы корпоративного управления (corporate governance) привлекают все большее внимание как международных, так и российских бизнесменов и исследователей. Одним из наиболее дискуссионных и одновременно активно теоретически исследуемых является вопрос о создании ценности для акционеров (shareholder value). Ценность бизнеса, по мнению П. Этрилла [4], означает, что интересы и

потребности акционеров лежат в основе принимаемых управленческих решений.

Специалисты пришли к выводу, что традиционных подходов к оценке результативности компании и ее стоимости, которые использовались на протяжении длительного периода, в настоящее время недостаточно и необходимо расширить арсенал аналитических инструментов, при помощи которых можно было бы более точно оценивать ситуацию.

Недостаточность традиционных подходов вызывается действием множества факторов, из которых в первую очередь следует выделить глобализацию экономики, нарастающую конкуренцию в мировых масштабах, экономические спады и сложность финансовых инструментов, которыми пользуются участники рынка.

В 1970–1980-х гг. в компаниях развитых стран встал вопрос о выработке нового механизма финансового управления, поскольку существующие до этого времени методы оценки деятельности фирмы не позволяли оценивать деятельность компании в долгосрочном периоде. Кроме этого, инвесторы стали требовать от руководства компаний постоянного увеличения стоимости фирмы — показателя, отражающего уровень благосостояния акционеров.

В связи с этим все бóльшую популярность в зарубежной практике стала приобретать концепция стоимостного подхода к управлению (value based management) [3], исходящая из задачи максимизации стоимости управляемых активов как главной цели собственников и менеджмента.

С выходом в свет работ А. Раппопорта, Т. Коупленда, Б. Стюарта [3; 6; 7] стала формироваться новая концепция экономического мышления, которая провозгласила основной целью коммерческой организации максимизацию ее стоимости для собственников. В ходе развития концепции появились различные модели оценки стоимости компании. Среди них выделяются подходы, в основе которых лежат добавленная стоимость акционерного капитала, или *SVA (shareholder value added)*, экономическая добавленная стоимость, или *EVA (economic value added)* и добавленная рыночная стоимость, или *MVA (market value added).*

В основе этих родственных подходов лежит единый принцип: оценка компании осуществляется в первую очередь на основе не бухгалтерских, а экономических правил и нацелена в будущее компании, а не в ее прошлое [3].

Теоретические исследования и практические расчеты в этой области ведутся столь интенсивно, что на менеджеров в настоящее обрушилась лавина советов или «мания измерения» [3] по поводу того, с помощью каких показателей возможно наилучшим способом определить стоимость компании. По мнению Т. Коупленда, серьезным вопросом в настоящее время становится не только, как определить, но и как «уцелеть под лавиной показателей стоимости» [3].

Стоимость компании — это наиболее подлинная оценка результатов ее деятельности, потому что содержит полную информацию о ней. Невозможно принимать правильные решения, не обладая всей полнотой информации, и ни один другой показатель результатов деятельности не содержит столь достоверной информации, как стоимость. Однако расплатой за универсальность показателя стоимости является сложность его определения, так как со временем она меняется, неодинакова для различных участников рынка и зависит от целей, с которыми они выступают.

Эволюция оценки стоимостных показателей бизнеса четко прослеживается с момента возникновения теории дисконтированных денежных потоков. Определение стоимости компании для собственников требовало создания инструмента, позволяющего в долгосрочном периоде учесть риск и издержки привлечения капитала. Теоретически таким инструментом является дисконтированный денежный поток, определяемый как прогнозный будущий денежный поток компании, приведенный путем дисконтирования к настоящему периоду времени (приведенная стоимость). Он сводит к одному числовому значению все результаты деятельности компании на протяжении заданного периода времени.

По критерию внутренней (подлинной) стоимости, основанной на дисконтированном денежном потоке, можно оценивать конкретные инвестиционные возможности или стра-

тегии как подразделений, так и всей компании в целом. Если бизнес создает ценность для своих акционеров, то он должен генерировать потоки наличности, превышающие требуемую акционерами норму доходности.

Метод дисконтированного денежного потока:

— учитывает издержки привлечения капитала и риск. Чем выше уровень риска, тем выше будет требуемая норма доходности;

— не зависит от выбранной компанией учетной политики. В расчетах используется величина потока денежных средств, а не прибыли, что позволяет более объективно определить доходность.

К недостаткам этого показателя следует отнести то, что он не годится для оценки прошлых результатов деятельности, поскольку зачастую исчисляется на основе прогнозов; кроме того, сам по себе дисконтированный денежный поток с трудом поддается выявлению и измерению.

В целом дисконтированный денежный поток отражает реальный рынок активов, где действует простое правило: стоимость создается, если инвестированный капитал обеспечивает прибыль больше альтернативных издержек привлечения капитала. Чем больше средств инвестируется с доходностью выше затрат на капитал, тем больше стоимости создает компания. Поэтому следует выбирать такие стратегии, которые максимизируют приведенную стоимость ожидаемых денежных потоков.

Рыночная цена акций определяется не только их подлинной стоимостью, но и рыночными ожиданиями будущих результатов компании. Рыночные ожидания могут не совпадать с объективными (несмещенными) прогнозами будущих результатов. Доходность для акционеров больше зависит от изменения ожиданий, нежели от фактических результатов деятельности компании. На фондовой бирже курсы акций компании меняются постоянно, отражая фактические или ожидаемые результаты ее деятельности, а также общие или отраслевые изменения в экономике и другие, значимые для бизнеса факторы. Считается, что главная задача менеджмента компании — обеспечить максимально высокий курс своих акций при любом развитии событий.

Отсюда вытекает следующий стоимостной показатель — рыночная стоимость акционерного капитала MA (Market Value), определяемый произведением рыночной цены акций на количество обыкновенных акций компании.

Компания считается успешной, если она преумножает свой капитал; в противном случае, даже при положительном значении прибыли, она работает неэффективно для собственников. Тем самым появилась потребность в сравнительных (абсолютных или относительных) стоимостных показателях, отражающих постоянное изменение стоимости компании, получивших название добавленной стоимости для акционеров.

Наиболее широкое распространение получила концепция, ориентированная на стоимость (Value Based Management, VBM) компании. В концепции VBM выделяются несколько финансовых моделей. К ним относятся рыночная добавленная стоимость (MVA), экономическая добавленная стоимость (EVA), добавленная стоимость акционерного капитала (SVA), доходность инвестиций на основе потока денежных средств (CFROI), добавленная стоимость потока денежных средств (CVA), модель опционного ценообразования (OPM) и некоторые другие. С помощью финансовых моделей, ориентированных на стоимость, можно планировать прирост стоимости, анализировать стратегические решения и оперативно контролировать процесс наращения стоимости.

Можно согласиться с мнением Т. Коупленда [3], что дебаты по составу и видам показателей во многом отвлекают от главного: для чего нужна оценка стоимости. По нашему мнению, дальнейшие исследования, безусловно, определят сферы и условия использования различных моделей. Но важно также провести сравнительный анализ основных стоимостных показателей добавленной стоимости.

Метод рыночной добавленной стоимости (Market Value Added, MVA) в качестве критерия создания стоимости рассматривает рыночную капитализацию и рыночную стоимость долгов компании. MVA можно вычис-

лить по следующей формуле:

$MVA = MV – IC$,

где MV — рыночная стоимость компании; IC — уточненная оценка инвестированного капитала.

С точки зрения теории корпоративных финансов рыночная добавленная стоимость отражает дисконтированную стоимость всех настоящих и будущих инвестиций, вкладываемых в компанию. Однако одним из положений системы VBM является то, что показатель, оценивающий стоимость компании, должен еще показывать и эффективность принимаемых решений на всех уровнях управления, а также служить мощным стимулом для менеджеров. Рыночная добавленная стоимость, с одной стороны, заставляет менеджеров стремиться приумножать рыночную капитализацию компании, хотя, с другой стороны, менеджеры вынуждены также отслеживать изменение величины акционерного капитала (то есть следить за инвестициями, вложенными в компанию).

Использование показателя MVA затруднено в силу следующих причин:

— в соответствии с современными правилами бухгалтерского учета многие нематериальные активы (товарные марки (бренды), лицензии, имя компании, ее репутация, наличие высококвалифицированной рабочей силы и т. д.) компании остаются неучтенными или учитываются по нереальной стоимости; в то же время рыночная капитализация компании во многом зависит от оценок именно таких активов;

— как правило, активы учитываются в балансе по цене приобретения; в то же время если актив приобретен несколько лет назад, то его первоначальная стоимость может не совпадать с текущей стоимостью активов;

— менеджеры компании могут манипулировать балансовыми значениями активов и пассивов, чтобы повысить значение MVA;

— на рыночную стоимость могут оказывать влияние такие факторы, которые неподконтрольны менеджменту компании, поэтому показатель MVA не может до конца отвечать требованиям мотивации менеджеров.

Если управление стоимостью компании будет строиться на основе рассматриваемого показателя и мотивация менеджеров будет также привязана к нему, то руководство, возможно, будет принимать решения, оказывающие краткосрочное положительное влияние на курсовую стоимость акций, но разрушающие ее стоимость в долгосрочной перспективе. Это противоречит одной из главных целей системы управления, ориентированной на стоимость, — координации и мотивации принятия решений, способствующих долгосрочному развитию компании. Именно поэтому в практике управления стоимостью возник целый ряд альтернативных моделей, устраняющих одни недостатки показателя MVA, но при этом имеющих ряд других недостатков.

Еще один метод оценки, используемый в рамках управления стоимостью компании, — *модель акционерной добавленной стоимости (Shareholder Value Added, SVA).* Создателем модели SVA является Альфред Раппопорт. Он определил акционерную добавленную стоимость как приращение между двумя показателями — стоимостью акционерного капитала после совершения некоторой операции и стоимостью того же капитала до совершения этой операции.

Позднее появилось еще одно определение показателя SVA: акционерная добавленная стоимость — это приращение между расчетной стоимостью акционерного капитала (например, методом дисконтированных денежных потоков) и его балансовой стоимостью. Тогда формула для расчета выглядит следующим образом:

$SVA = SV_f – SV_b$,

где SV_f — расчетная стоимость акционерного капитала; SV_b — балансовая стоимость акционерного капитала.

Показатель SVA исходит из предположения о том, что создание добавленной стоимости для акционеров (положительная величина SVA) происходит в тот момент, когда рентабельность новых инвестиций компании превосходит средневзвешенные затраты на капитал (ROIC > WACC). При этом важным условием является то, что любые действия менеджеров компании должны быть направлены на получение дополнительной выгоды для собственников компании, которая фактически определяется приростом ее акционерного капитала.

Использование SVA в рамках управления стоимостью, в отличие от дисконтированного денежного потока, дает возможность понять, насколько эффективны были совершенные инвестиции, притом что распределение суммы добавленной стоимости по годам различно. Еще одним важным моментом при расчете показателя SVA является факт учета стоимости, добавленной новыми инвестициями в том же году, когда данная инвестиция была совершена.

В отличие от других методов, при использовании показателя SVA наибольший акцент делается на четкое определение периода конкурентных преимуществ. В случае долгосрочной перспективы разрыв между ROIC и WACC приведет к тому, что в отрасли, в которой действует компания, обострится конкуренция. В свою очередь это приведет к падению рентабельности инвестиций.

Таким образом, процесс создания добавленной стоимости не бесконечен и ограничивается периодом конкурентных преимуществ отрасли и компании. Существенным недостатком модели SVA являются трудоемкость расчетов и сложности, возникающие при прогнозировании денежных потоков.

В последнее время в практике управления стоимостью компании часто стала использоваться *модель добавленной денежной стоимости (Cash Value Added,CVA).* Показатель CVA также называют Residual Cash Flow (RCF). В основе данной модели лежит концепция остаточного дохода. Расчет данной модели можно осуществить по следующей формуле:

$CVA = RCF = AOCF – WACC \cdot TA,$

где AOCF — скорректированный операционный денежный поток; WACC — средневзвешенная цена капитала; TA — суммарные скорректированные активы.

По мнению большинства специалистов, этот критерий оценки стоимости предпочтительнее других, потому что в качестве отдачи от инвестированного капитала используются денежные потоки, к тому же учитываются затраты на привлечение и обслуживание капитала из разных источников, то есть средневзвешенная стоимость капитала.

Одним из наиболее распространенных показателей, предназначенных для оценки стоимости компании, является *экономическая добавленная стоимость (Economic Value Added, EVA).* Данный показатель прост для расчета и позволяет оценивать как стоимость компании в целом, так и отдельных ее подразделений.

В конце 1980-х гг. в работе Беннета Стюарта “The Quest For Value: a Guide for Senior Managers” [6] были описаны основные характеристики метода экономической добавленной стоимости, взаимосвязь между показателем EVA® и стоимостью компании, а также разработаны схемы поощрения менеджеров на базе показателя экономической добавленной стоимости.

Экономическая добавленная стоимость основана на идее экономической прибыли, которая вычисляется как разность между рентабельностью инвестированного капитала и затратами на капитал, умноженная на величину инвестированного капитала.

Расчет экономической добавленной стоимости можно производить одним из следующих способов:

1) $EVA = NOPAT – WACC \cdot Inv,$

где NOPAT — прибыль после выплаты налогов; Inv — инвестированный капитал (откорректированная стоимость активов компании); или:

2) $EVA_t = (ROI_t – WACC) \cdot Inv_{t-1},$

где EVA_t — экономическая добавленная стоимость в момент t; ROI_t — рентабельность капитала, инвестированного в компанию.

Когда величина EVA® положительна, можно говорить о том, что бизнес увеличивает богатство акционеров. Чтобы максимизировать богатство собственников бизнеса, менеджеры должны увеличивать EVA® настолько, насколько это возможно.

Для определения ценности, создаваемой для акционеров, EVA® использует данные традиционной финансовой отчетности. Существенным отличием данного показателя от ранее рассмотренных является то, что при расчете EVA® вносятся многочисленные корректировки, устраняющие искажения, существующие в традиционной финансовой отчетности. Так, фирмой “Stern Stewart” предложено более 100 корректировок, которые должны быть применены по отношению к традицион-

ной финансовой отчетности, для того чтобы устранить проблемы и ограничения принятой методики расчетов. Согласно "Stern Stewart" главной проблемой является то, что прибыль и капитал недооценены из-за консерватизма учетной политики. Прибыль занижена в результате произвольного отнесения на затраты износа нематериальных активов. Капитал недооценен из-за того, что активы учитываются по их первоначальной стоимости (уменьшенной на величину износа), которая может быть значительно ниже текущей рыночной стоимости.

В то же время увеличение экономической добавленной стоимости за отчетный период может привести к снижению стоимости компании. Это может произойти по нескольким причинам:

— увеличение EVA в отчетном периоде может быть связано с возрастанием риска, что выразится в будущей стоимости инвестированного капитала (как собственного, так и заемного). Таким образом, настоящая стоимость всех будущих EVA может уменьшаться, даже при росте EVA в одном из периодов;

— рост данного показателя в каком-либо периоде может быть вызван факторами, которые оказывают негативное влияние в долгосрочной перспективе. Например, в краткосрочной перспективе сокращение расходов на оплату труда может вызвать снижение затрат и рост прибыли, что отразится в росте показателя EVA. В долгосрочной же перспективе такой подход может привести к потере человеческого капитала, что ослабит конкурентные преимущества компании и приведет к снижению будущего значения EVA.

Также необходимо отметить, что для кредитно-финансовых организаций, где существует режим резервирования капитала, и вновь созданных компаний с трудно прогнозируемыми будущими денежными потоками показатель EVA малопригоден.

Конечная цель руководства компании заключается не в увеличении прибыли на инвестированный капитал и не в увеличении показателя EVA как такового. Отдельно взятый показатель EVA не дает инвесторам представления о том, способно ли руководство создать положительную экономическую добавленную стоимость в последующие годы. В конце концов именно текущая стоимость будущих EVA определяет рыночную стоимость компании. По этой причине необходим дополнительный критерий, чтобы понять, как рынки оценивают перспективы компании по созданию будущих значений EVA. Таким критерием является рыночная добавленная стоимость (MVA). MVA — это премия, которой рынок награждает компанию, помимо вложенных в нее денег инвесторами. Премия основана на будущих значениях EVA, ожидаемых рынком.

Экономическая добавленная стоимость EVA и показатель MVA имеют между собой прочную взаимосвязь [6]. Показатель рыночной добавленной ценности (MVA) является попыткой измерения увеличения или потери стоимости компании для акционеров как разницы между рыночной стоимостью компании и инвестициями, осуществленными в бизнес на протяжении ряда лет. Модель создания ценности на протяжении всего времени может быть полезной при рассмотрении прошлого и особенно будущего состояния компании. Необходимо измерять динамику MVA за определенный период путем сравнения значений MVA на начало и конец анализируемого периода.

Теоретическое обоснование взаимосвязи между MVA и EVA® представляется следующим.

Поскольку стоимость компании равна приведенной стоимости ожидаемой в будущем EVA® плюс величина инвестированного капитала, стоимость бизнеса может быть определена как:

Стоимость компании = Инвестированный капитал + PV_{EVA}®

или:

PV_{EVA}® = Стоимость компании – Инвестированный капитал.

Поскольку рыночная добавленная стоимость определяется как разница между рыночной стоимостью компании и инвестициями, то:

MVA = Рыночная стоимость компании – Инвестированный капитал.

Отсюда получаем

PV_{EVA}® = MVA.

По утверждению Стюарта [6], представленная взаимосвязь имеет место не только в

теории, но и на практике. Консультанты привели доказательства для подтверждения того, что корреляция между MVA и EVA® намного сильнее, чем между MVA и такими финансовыми показателями компании, как прибыль на акцию, доходность акционерного капитала или поток наличности.

Исходя из того, что MVA отражает ожидаемую в будущем EVA® бизнеса, инвесторы, используя этот показатель, могут увидеть, будет ли бизнес генерировать доходность, превышающую стоимость инвестированного капитала. Если бизнес управляется таким образом, что обеспечивает только доходность на уровне стоимости капитала, то EVA® будет равна нулю, при этом не возникает и MVA. Поэтому MVA может быть использована для определения целей деятельности менеджеров, так же как и EVA®, если компания имеет общепризнанную рыночную стоимость.

В то же время использование MVA для инвесторов имеет ряд ограничений.

Этот показатель не может быть применен по отношению ко всем компаниям, а рассчитывается только для тех компаний, акции которых котируются на фондовой бирже. Кроме того, MVA используется только по отношению ко всему бизнесу в целом, так как не существует рыночных цен акций отдельных стратегических бизнес-единиц.

Возникают также проблемы при интерпретации. Величина показателя отражает абсолютное изменение, происходящее на протяжении определенного периода времени, и поэтому при принятии инвестиционных решений показатель MVA затруднительно применять при рассмотрении альтернативных инвестиций в случае, когда размеры бизнеса различны, а рассматриваемые периоды времени неодинаковы.

Некоторые авторы предполагают, что сопоставление результатов, полученных в ходе применения различных методов, имеет бóльшую информативность для менеджмента компании, нежели результаты, полученные одним методом, или усредненная величина результатов. Это объясняется тем, что, во-первых, каждая из рассмотренных моделей имеет свои ограничения и недостатки, а во-вторых, потому что область стоимостных показателей является относительно новой отраслью знаний. Эффективность концепции VBM может быть достигнута при подчинении всех значимых управленческих решений единой цели, что предполагает наличие единого критерия, на основе которого строится и оценка эффективности, и система мотивации менеджмента организации. Поэтому собственник для своей организации должен выбрать соответствующую стоимостную модель, которая учитывала бы отрасль, сферу деятельности данной организации и была бы применима в конкретных условиях.

Оценка стоимости компании на основе EVA® имеет ряд практических преимуществ:

— расчет EVA® в большей степени основан на принятых системах бухгалтерского учета и финансовой отчетности;

— при использовании модели EVA® решается задача оптимизации соотношения прибыльности (Profitability) или спреда (Spread) и темпов роста бизнеса (Growth Rate) [6].

Спред рассчитывается по формуле

Spread = ROCE – WACC,

где ROCE (Rate Of Return On Investors Capital) — рентабельность инвестированного капитала; WACC — средневзвешенная стоимость капитала;

— EVA® является основой для системы вознаграждения менеджеров;

— EVA® может быть оценена по компании в целом и отдельным бизнес-единицам за любой период.

Анализ расчетов стоимости компании на основе EVA® позволил получить матрицу классификаций компаний по степени привлекательности на основе показателей спреда и темпов роста (рис. 1). Наиболее привлекательными являются компании, где значение спреда превышает 2,5 %, а темпы роста объемов реализации составляют более 25 % в год.

Реализация модели управления стоимостью на основе EVA® осуществляется в следующей последовательности:

1. Прежде всего необходимо выработать долгосрочную стратегию на основе оценок перспектив развития компании. Для этого следует проанализировать альтернативные стратегии и выбрать наиболее оптимальную из них. Естественно, выбранная стратегия

развития компании должна постоянно анализироваться на предмет ее соответствия текущей рыночной ситуации.

2. Менеджеры должны прийти к осознанию идеологии EVA®. Достаточно часто они ориентируются на краткосрочные задачи, например на увеличение прибыли в текущем периоде. При этом они не отслеживают эффективность использования ресурсов, в которых заключен основной капитал владельцев компании.

Необходимо, чтобы менеджмент компании четко осознавал тот факт, что в операционной работе используется акционерный капитал, который имеет определенную стоимость. Ее величина не должна быть ниже среднерыночной доходности по данному сегменту рынка. Иначе говоря, нужно стремиться к тому, чтобы во всех циклах деловой активности рентабельность инвестированного капитала (ROCE) была бы не меньше затрат на его привлечение (WACC).

3. Разрабатывается расчетная методология и определяются целевые индикаторы (рентабельность инвестированного капитала ROCE, коэффициенты, отражающие структуру капитала компании, показатели ликвидности баланса, величина оборотного капитал и т. д.). На данном этапе необходимо сформировать расчетные модели основных параметров, участвующих в формировании EVA®. В частности, необходимо разработать:

— методику расчета чистой прибыли с учетом всех корректирующих показателей (базы и коэффициентов распределения накладных и общекорпоративных расходов и т. д.);

— методику расчета размера капитала с определением его оптимальной структуры;

— минимальный уровень доходности по структурным подразделениям (проектам, продуктам, направлениям бизнеса);

— систему планирования текущей деятельности и составление прогнозных бюджетов;

— систему мотивации и оценки результатов работы персонала с целью их ориентации на повышение значения EVA® для всей компании в целом.

4. На заключительной стадии модель управления внедряется в текущую операционную деятельность компании. Данный этап предполагает осознание менеджментом необходимости использования стоимостного подхода к управлению бизнесом. Одновременно с этим внедряются соответствующие управленческие технологии. Например, сбалансированная система показателей, функционально-стоимостной анализ, построение бюджетных моделей на базе многомерных аналитических кубов и др.

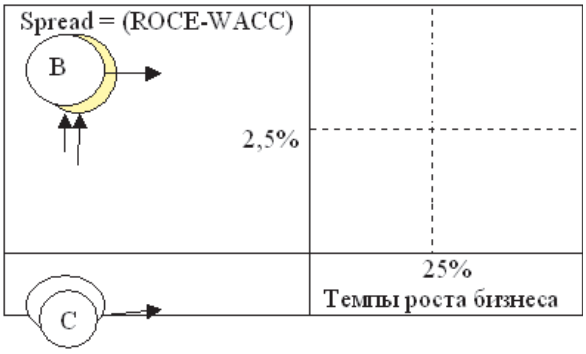


Рис. 1. Классификация компаний по степени привлекательности на основе показателей спреда и темпов роста

Компании, относящиеся к группам «B» и «C», имеют определенный потенциал (либо по увеличению темпов роста реализации, либо по увеличению прибыльности). Они также могут представлять интерес для внешних инвесторов (в первую очередь — компании группы «C»).

Компании группы «D» имеют низкие показатели и соответственно низкую инвестиционную привлекательность.

Для российских компаний расчет EVA® в ряде случаев затруднен из-за того, что переход на международные стандарты ведения бухгалтерского учета осуществлен только частью организаций. Поэтому менеджеры компаний рассчитывают EVA® с учетом различных корректировок бухгалтерской отчетности, учитывающих специфику конкретного бизнеса. В целом показатель экономической добавленной стоимости обладает достаточной гибкостью и дает возможность для манипуляции в зависимости от целей, преследуемых фирмой.

Для управления добавленной стоимостью менеджеры используют различные методы, инструменты и модели, позволяющие

определить величину стоимости компании. Классификация этих моделей, разработанная автором статьи, представлена в табл. 1. Ряд из этих моделей требует использования дополнительно к бухгалтерской специальной информационной базы. Поэтому они не способны обеспечить систематическое и достаточно точное измерение стоимости. Нет никаких сомнений, что подход на основе добавленной стоимости акционерного капитала более универсален и адекватен для принятия управленческих решений, чем любой другой, который использовался в прошлом. С экономической точки зрения стоимость определяется будущими потоками денежных средств, а не прошлой прибылью или данными баланса. Концепция EVA часто используется западными компаниями в качестве инструмента измерения эффективности подразделений вместо обыкновенной чистой прибыли. Это связано с тем, что экономическая добавленная стоимость учитывает не только конечный результат (размер полученной прибыли), но и то, какой ценой он был получен (какой объем капитала на это был затрачен).

Преодолеть эти трудности можно, если опираться на концепцию экономической добавленной стоимости (EVA®), которая позволяет не только оценивать рыночную стоимость компании, но и определить влияние отдельных управленческих решений на эту стоимость.

Взаимосвязь между рыночной стоимостью компании и величиной EVA обусловливает необходимость прогнозирования компанией будущих значений EVA для определения действий собственников по инвестированию своих средств.

Ожидание будущих значений EVA оказывает существенное влияние на рост цены акций компании. Если ожидания противоречивы, цена акций будет колебаться. В краткосрочном плане невозможно провести четкую зависимость между значениями EVA и ценой акций предприятия. Поэтому задача планирования прибыли, а вместе с ней планирования структуры и цены капитала является первоочередной задачей менеджмента компании. Чем более профессионально руководство компании, тем при прочих равных условиях выше точность планирования значений показателя EVA. Именно этим объясняется тот факт, что на крупных западных предприятиях значения EVA выступают критерием премиальной системы менеджеров, которые становятся более заинтересованными в росте прибыльности предприятия и EVA.

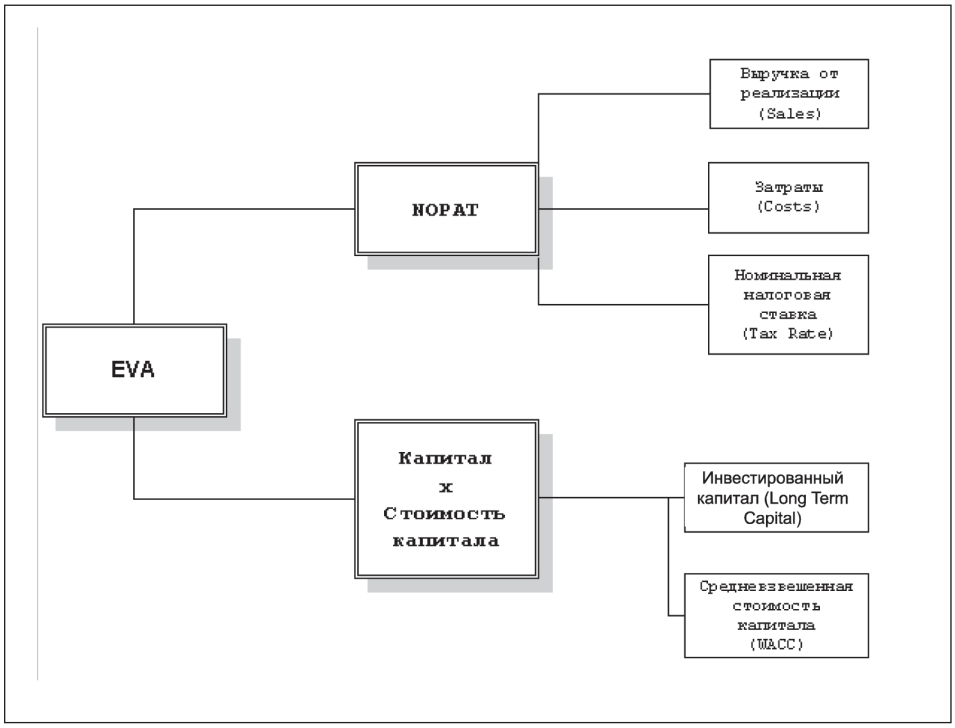


Рис. 2. Основные факторы, формирующие EVA

Таблица 1

Сравнительная характеристика моделей расчета дополнительной стоимости

Модель	Особенности	Формула расчета	Достоинства	Недостатки
1. Рыночная добавленная стоимость (Market Value Added, MVA)	В качестве критерия создания стоимости рассматривается рыночная капитализация и рыночная стоимость долгов компании	MVA = MV – IC, где MV — рыночная стоимость компании; IC — уточненная оценка инвестированного капитала		— невозможность оценить эффективность принимаемых управленческих решений; — на рыночную стоимость влияют факторы, неподконтрольные менеджменту; — учет активов по цене приобретения, а не по реальной стоимости; — манипуляция балансовыми значениями показателей, оказывающих влияние на реальную стоимость; — разрушение стоимости в долгосрочной перспективе в связи с принятием краткосрочных решений
2. Экономическая добавленная стоимость (Economic Value Added, EVA)	Показатель оценивает как стоимость компании в целом, так и отдельные ее подразделения; характеризует качество принятых управленческих решений. EVA и MVA взаимосвязаны: ценность бизнеса равна приведенной стоимости ожидаемой в будущем EVA плюс величина инвестированного капитала	EVA = NOPAT – WACC · · Inv, где NOPAT — прибыль после выплаты налогов; Inv — инвестированный капитал (стоимость активов компании)	EVA учитывает не только конечный результат (размер полученной прибыли), но и то, какой ценой он был получен (какой объем капитала на это был затрачен)	Увеличение EVA за отчетный период может привести к уменьшению стоимости компании, так как: — возрастает риск, что может вызвать в дальнейшем риск в будущей стоимости инвестированного капитала; — рост EVA может быть вызван факторами, которые в будущем окажут негативное влияние на стоимость; — для кредитно-финансовых компаний, где существует режим резервирования капитала, и вновь созданных компаний с труднопрогнозируемыми будущими денежными потоками показатель EVA малопригоден
3. Метод акционерной добавленной стоимости (Shareholder Value Added, SVA)	Создание добавленной стоимости для акционеров (положительная SVA) происходит тогда, когда рентабельность новых инвестиций компании превосходит средневзвешенные затраты на капитал (ROIC > WACC), что выражается приростом акционерного капитала	$SVA = SV_f - SV_b$, где SV_f — расчетная стоимость акционерного капитала; SV_b — балансовая стоимость акционерного капитала	SVA дает понять, насколько выгодны совершенные инвестиции При расчете SVA учитывается стоимость, добавленная новыми инвестициями в году, когда они были совершены	— трудоемкость расчетов и сложности при прогнозировании денежных потоков; — процесс создания добавленной стоимости не бесконечен и ограничивается периодом конкурентных преимуществ отрасли и компании
4. Модель денежной добавленной стоимости (Cash Value Added, CVA или Residual Cash Flow (RCF))	В основе модели лежит концепция остаточного дохода	RCF = AOCF – WACC · TA, где AOCF — скорректированный операционный денежный поток; WACC — средневзвешенная цена капитала; TA — суммарные скорректированные активы	Учитывается средневзвешенная стоимость капитала	— трудоемкость расчетов

Формирование показателя EVA зависит от разных факторов (рис. 2).

В рамках управления стоимостью компании указанные факторы могут быть детализированы исходя из более мелких составляющих.

Повышая значение EVA путем воздействия на факторы, участвующие в модели, менеджер увеличивает стоимость компании.

Показатель EVA может быть увеличен:

— за счет увеличения дохода от реализации и уменьшения величины затрат (экономия и оптимизация текущих издержек (сокращение нерентабельных производств и т. п.))

— за счет оптимизации затрат на капитал.

Методические положения по формированию экономической добавленной стоимости компании проиллюстрированы примером расчета ОАО «Международный аэропорт “Шереметьево”» (табл. 2). Как видно из таблицы, крупнейшая транспортная компания имеет отрицательное значение и отрицательную динамику экономической добавленной стоимости, что ведет к уменьшению рыночной стоимости компании и потере ценности собственниками в результате утраты альтернативной доходности.

Таблица 2

Расчет экономической добавленной стоимости на примере ОАО «Международный аэропорт “Шереметьево”» за 2006–2009 гг.

Показатель	Периоды			
	2006	**2007**	**2008**	**2009**
Капитал (Inv)	7 655 179	9 048 584	11 615 533	16 002 267
Собственный капитал	7 202 186	7 863 123	8 404 539	9 269 096
Заемный капитал	452 993	118 546	3 210 994	6 733 171
Доля собственных средств в капитале компании (Ds)	0,94	0,87	0,72	0,58
Доля заемных средств в капитале компании (Dd)	0,06	0,13	0,28	0,42
Стоимость собственного капитала (rs), %	10,58 %	13,27 %	6,68 %	10,08 %
Стоимость заемного капитала (rd),	15,50 %	15,50 %	16,12 %	13,60 %
Средневзвешенная стоимость капитала (WACC), %	10,13 %	11,95 %	5,71 %	6,99 %
EBIT	895 077	1 221 359	783 754	1 207 527
Амортизация	371 997	498 586	674 684	806 045
NOPAT	762 167	1 043 090	561 330	934 752
EVA	–13 394	–38 025	–102 186	–183 614

Если обратиться к рассмотренным выше факторам, то следует обратить внимание на более быстрый рост инвестированного капитала по сравнению с темпами снижения средневзвешенной стоимости капитала. В результате наблюдается значительная волатильность NOPAT.

Если показатель EVA выбран компанией в качестве критерия оценки эффективности своей деятельности, то задача состоит в разработке соответствующих мероприятий в рамках текущей управленческой деятельности (табл. 3).

Таблица 3

Мероприятия, направленные на повышение эффективности деятельности предприятия

Критерий оценки эффективности	Цель преобразований	Основные виды организационных преобразований
Рост EVA	1. Увеличение прибыли при использовании прежнего объема капитала	а) освоение новых видов услуг; б) освоение новых рынков (новых сегментов рынка); в) освоение более рентабельных смежных звеньев производственно-технологической цепочки
	2. Уменьшение объема используемого капитала при сохранении прибыли на прежнем уровне	Ликвидация убыточных или недостаточно прибыльных сфер деятельности
	3. Уменьшение расходов на привлечение капитала	Изменение структуры капитала компании

Конечной целью расчета EVA является расчет текущей стоимости компании на основе экономической добавленной стоимости. Для расчета стоимости фирмы, приведенной к текущему периоду, необходимо определить текущую стоимость потоков добавленной стоимости за каждый период, а также учесть уже осуществленные вложения капитала:

$$PV_f = Inv + \sum_{t=1}^{n} \frac{EVA_t}{(1+WACC)^t}.$$

При этом предполагается, что жизнь компании бесконечна. Тогда активы также будут приносить доходы в течение бесконечного периода. При этом активы имеют определенную рентабельность. Таким образом, вложения каждого года будут приносить доход в соответствии со своей рентабельностью в течение бесконечного периода. Следовательно, можно капитализировать доходы, приносимые каждыми капитальными вложениями в активы в течение прогнозируемого периода с последующим их дисконтированием к текущему периоду.

При допущении постоянного роста капитала (g) текущую стоимость компании на основе экономической добавленной стоимости можно определить следующим образом:

$$PV_f = Inv \times (1+g) + \frac{EVA_0 \times (1+g)}{(WACC - g)}.$$

Таким образом, в процессе развития концепции наращивания стоимости компании и увеличения богатства акционеров были предложены и исследованы различные модели расчета стоимости компании, некоторые из которых требуют наличия дополнительно к бухгалтерской информации специальной информационной базы, иначе измерения будут недостаточно точными. Преодолеть эти трудности можно, если опираться на концепцию экономической добавленной стоимости (Economic Value Added, EVA®), которая позволяет определять реальный экономический доход и показывает, насколько прибыль компании отличается от требуемого минимального уровня доходности для собственников или кредиторов с учетом риска, связанного с инвестированием в эту компанию. Текущая стоимость будущих значений EVA определяет рыночную стоимость компании, поэтому «в связке» с EVA менеджерами компаниями используется рыночная добавленная стоимость (MVA).

Управление стоимостью компании — это современная стратегия менеджмента, ориентированная на повышение инвестиционной привлекательности, конкурентных преимуществ и устойчивой работы в рыночной среде в расчете на длительную перспективу. Она строится на системном подходе с использованием многообразных факторов, форми-

рующих стоимость, учете противоречивых интересов различных групп субъектов, так или иначе связанных с компанией. Повышение рыночной стоимости компании является стратегической целью управления финансовой деятельностью организации.

Россия в настоящее время имеет возможность заимствовать наиболее прогрессивные зарубежные технологии и методы ведения бизнеса. В числе новых стратегий менеджмента в российском бизнесе все большее признание также получает концепция управления, основанная на стоимости организации. В основе данной концепции лежит понимание того, что для акционеров важно обеспечить рост финансовых результатов от эксплуатации объектов владения, повышение их рыночной цены. Для инвесторов решающее значение имеет надежность и выгодные условия вложения средств, для потребителей — качество товаров и услуг, надежность партнерских связей, для общества — социально ответственный бизнес. Однако в настоящее время концепция управления, основанная на стоимости организации, недостаточно применяется российскими компаниями. Основной причиной этого является сложность ее применения «в чистом виде» в экономике России. Соответственно определение и развитие вектора инновационного развития концепций и методов управления стоимости является актуальной задачей отечественной финансовой науки. Это позволит отечественным фирмам повысить эффективность деятельности и сократить отставание от зарубежных конкурентов.

Список литературы

1. *Коупленд Т.* Стоимость компании: оценка и управление: пер. с англ. / Т. Коупленд, Т. Коллер, Дж. Муррин. — 3-е изд., перераб. и доп.— М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005.

2. *Коупленд Т.* Expectations-Based Management. Как достичь превосходства в управлении стоимостью компании / Т. Коупленд, Долгофф. — М.: Эксмо, 2008.

3. *Мартин Дж. Д.* VBM — управление, основанное на стоимости: Корпоративный ответ революции акционеров / Д. Дж. Мартин, В. Дж. Пети; пер. с англ. О. В. Теплых; под науч. ред. О. Б. Максимовой, И. Ю. Шараповой. — Днепропетровск: Баланс Бизнес Букс, 2006.

4. *Этрилл П.* Финансовый менеджмент для неспециалистов / П. Этрилл; пер. с англ. под ред. Е. Н. Бондаревской. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2006 — (Сер. «Классика MBA»).

5. *Уолш К.* Ключевые показатели менеджмента: Как анализировать, сравнивать и контролировать данные, определяющие стоимость компании / К. Уолш. — М.: Изд-во «ДЕЛО», 2001.

6. *Stewart B.* The quest for value: a guide for senior managers / B. Stewart. — Harper Business, 1990.

7. Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies / T. Koller, M. Goedhart, D. Wessels. — 4th ed. — McKinsey & Company Inc., 2006.

8. *Янгель Д.* Модель EVA: ориентация на стоимость / Д. Янгель // КОНСУЛЬТАНТ. — 2005. — № 23.

ЖУРНАЛ университета водных коммуникаций

УДК 65.052.2:656.13

М. Г. Григорян,
канд. экон. наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
инженерно-экономический университет

УПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯМИ НА ТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

CHANGES MAMAGEMENT AT THE TRANSPORT ENTERPRISE

В статье изложены методологические основы управления изменениями на предприятии, а также развита типология организационных изменений. Значение данной типологии определяется тем, что совокупность изменений и их направленность могут быть подвергнуты дальнейшему анализу для выявления тех их закономерностей, которые должны быть учтены при управлении транспортным предприятием

Methodological bases of change management at enterprise are stated in the article, and also the typology of organizational changes is developed. Value of the given typology is defined by the fact that a set of changes and their orientation can be subjected to the further analysis for revealing of those their objective laws, which should be considered in management of a transport enterprise.

Ключевые слова: организационные изменения, рефрейминг, типология изменений, инновация, периоды переходов.

Key words: organizational changes, reframing, typology of changes, an innovation, periods of transitions.

НЕ ТРЕБУЕТ особых доказательств тот факт, что причины и характер изменений, протекающих на транспортных предприятиях, определяются как внешними, так и внутрипроизводственными факторами. К наиболее заметным внешним изменениям можно отнести смену формы собственности и массовое разукрупнение транспортных предприятий в 1990-х гг., происходящие в связи с изменением общей экономической ситуации в стране.

Внутренние изменения происходят, например, когда менеджмент предприятия приходит к мысли о необходимости каких-либо нововведений (приобретение такого подвижного состава, который позволил бы освоить новые направления перевозок, необходимость актуализации какой-либо функции управления при возникновении определенной ситуации на рынке транспортных услуг и др.).

В целом, мысль о том, что изменения, проводимые в транспортном предприятии, носят неизбежный и необходимый характер, представляется логичной. Мы также полагаем, что способность организации к изменениям заложена в сущности процессов ее развития и функционирования.

В нашем понимании, «изменение» — понятие, имеющее однозначный смысл целенаправленной трансформации пространственного, временно́го, пространственно-временно́го состояния предприятия (открытой социально-экономической системы) его состава, структуры, внутренних взаимосвязей между его элементами, а также внешних взаимосвязей с окружающей средой.

Очевидно, что переход от функционирования к развитию (или, наоборот, от развития к функционированию) предприятия неизбежно связан с многочисленными изменениями, чаще всего носящими радикальный характер. Важно понимать, что подобный переход не бесконечен, а имеет определенные временны́е границы. Тогда посредством регулирования изменений менеджеры могут управлять функционированием и развитием транспортного предприятия.

В самом общем виде в зависимости от степени изменений, происходящих за данный интервал времени, периоды переходов можно классифицировать тремя уровнями [3].

Первый уровень — гомеостатический, связан с такими изменениями, которые отражаются только на поведении предприятия, но не изменяют его структуры и элементно-

го состава. Для него характерны переломные изменения, отрицательно влияющие на параметры состояния предприятия, и изменения преобразовательного периода, положительно влияющие на параметры состояния предприятия.

Второй уровень — инновационный, связан с такими изменениями, которые отражаются на структуре и элементном составе предприятия. Так, кризисные изменения отрицательно влияют на параметры предприятия, а комфортизационные изменения — положительно.

Третий уровень — бифуркационный, связан с такими изменениями, которые радикально отражаются на структуре и элементном составе предприятия. Например, катастрофические изменения, отрицательно влияющие на параметры состояния предприятия.

Следует отметить, что изменения среды часто являются источником нарушения баланса процессов функционирования и развития предприятия. Эти изменения могут носить радикальный характер и требовать внесения корректив в стратегию (и даже цели) предприятия или быть краткосрочными и локальными, требующими тактических мер по минимизации их последствий. Преобразования на предприятии как реакции на изменения среды следует рассматривать в содержательном и процессном планах.

Содержательный аспект изменений состоит в выявлении отклонений в состоянии, форме и качестве организационных элементов. В то же время процессный поход предполагает рассмотрение изменений с позиций последовательности событий, влекущих за собой содержательные изменения в функционировании и развитии предприятия, или совокупности причин, вызвавших изменение, и адекватной последовательности управленческих решений об изменении. Использование содержательного и процессного подходов к изменениям дает расширенную методологическую платформу для моделирования социально-экономического поведения предприятия и принятия рациональных управленческих решений.

При выявлении сущности изменений необходимо также обратить внимание на то, что проявлением организационного развития являются разного рода инновации. Однако широкая трактовка этого понятия различными авторами [1; 2; 4; и др.], а также высокая степень неопределенности последствий организационных нововведений приводят к выводу о том, что инновации могут быть источником как развития, так и деградации предприятия.

На наш взгляд, нельзя ставить знак равенства между понятиями «изменение» и «инновация». Те изменения, которые происходят на предприятии помимо воли менеджеров, не относятся к нововведениям. Не считается также нововведением и простое нарастание качества по какому-либо определенному признаку (например, рост численности персонала, обновление однотипного подвижного состава и т. п.). Нововведением можно назвать то целенаправленное изменение, которое вносит на предприятие новые относительно стабильные элементы. Это знак перехода предприятия как системы из одного состояния в другое (более устойчивое). Иными словами, всякая инновация есть изменение, но не всякое изменение можно считать инновацией.

Более полное понимание закономерностей изменений, которые должны быть учтены при управлении транспортным предприятием, достигается за счет их группировки по различным признакам. К наиболее ранним научно осмысленным классификациям изменений можно отнести классификацию, предложенную Й. Шумпетером в 1911 г. В ней он выделил пять типичных изменений [6]:

1) использование новой техники, новых технологических процессов или нового рыночного обеспечения производства;

2) внедрение в производство продукции с новыми свойствами;

3) использование нового сырья;

4) изменения в организации производства и его материально-технического обеспечения;

5) появление новых рынков сбыта.

Позднее, в 1930-е гг., развивая свою классификацию, Й. Шумпетер выделяет еще один тип изменений — инновации.

Другой наиболее известной классификацией изменений является классификация,

предложенная Р. Дафтом в 1988 г. [5]. Он в свою очередь выделяет:

1) технологические изменения, в том числе коммуникационные и информационные;

2) продуктовые изменения, которые организация производит в своих продуктовых линиях или услугах, связанные прежде всего со сменой потребительских предпочтений;

3) структурные изменения, связанные с целями, иерархией, процедурами и структурами организации;

4) культурные изменения, связные с трансформацией ценностей, норм поведения, отношений, убеждений и тому подобного членов организации.

По своей сути предложенные Й. Шумпетером и Р. Дафтом типологии представляют собой группировку изменений по одному определенному признаку — объекту изменений. К сожалению, на сегодняшний день в активно развивающейся среде подобные группировки не отражают всей многоплановой сути изменений, происходящих в различных организациях.

В работе [7] изменения в зависимости от того, задана последовательность событий априорно детерминированными или вероятностными законами, либо она творится и возникает в процессе изменения, делятся на заданные, или предписанные (prescribed mode of change), и на творческие, или конструктивные (constructive mode of change). При заданном (предписанном) способе изменений развитие предприятия идет в заранее установленном направлении и обычно с предсказуемым сохранением и постепенным приспособлением структуры предприятия к новым условиям среды. Иными словами, заданные изменения вызывают последовательность событий на предприятии, соответствующих заранее установленной программе или порядку действий. В этом случае подобные изменения порождают то, что П. Ватцлавик, Дж. Уикленд и Р. Фиш [8] назвали изменениями первого порядка, или изменениями в рамках существующей структуры предприятия, где происходят вариации на какую-либо тему. Процессы, порождающие эти вариации, являются заданными и предсказуемыми, поскольку сформированы по образцу предыдущего состояния предприятия. В более длительном периоде небольшие изменения могут накапливаться и порождать существенные количественные и качественные изменения. Неопределенность, которую чувствует персонал предприятия, проходящий через такие изменения, относительно небольшая, поскольку работники в достаточной степени ощущают непрерывность процесса развития, чтобы предугадать и определить направление дальнейших изменений.

Творческие (конструктивные) изменения приводят к кардинально новым результатам, не связанным с прошлым опытом предприятия. При этом создается новый порядок действий, который может породить, а может и не породить структурную трансформацию предприятия. Такие изменения П. Ватцлавик и его коллеги назвали изменениями второго порядка, то есть представляющими собой разрыв с существующими ранее базовыми предположениями или подходами. Этот процесс следует за постановкой новых целей. В итоге могут возникнуть новые свойства предприятия как системы, а результат преобразований слабо предсказуем, поскольку не связан с прошлым опытом. Персонал предприятия, находящийся в процессе таких изменений, ощущает достаточно сильную неопределенность, что предполагает необходимость объяснения менеджерам этого предприятия смысла проводимых ими изменений.

Научно-исследовательским институтом системных исследований Российской академии наук (НИИСИ РАН) разработана группировка изменений по сферам деятельности. По этому признаку выделяют изменения: технологические, производственные, экономические, торговые, социальные, в области управления. Подобная трактовка изменений, являясь достаточно общей, ставит вопрос о сомнительности ее практического использования при принятии управленческих решений.

Итак, исходя из изложенного выше содержания изменений, представляется методологически важным выполнить классификацию изменений, протекающих на транспортных предприятиях. Для большей наглядности эта классификация дана в фасеточной форме (табл. 1).

Таблица 1

Классификация структурных изменений на предприятиях

Структурный признак деления	По объекту изменений	По виду привлекаемых ресурсов	По влиянию на экономическое состояние предприятия	По типу закономерности изменений	По протяженности во времени	По характеру протекания	По результативности	По форме изменений	По отношению к предприятию	По направленности	По характеру проявления	По степени регулируемости	По масштабам изменений	По степени устойчивости	По источнику возникновения изменений
Составляющие признака	Техники	Преимущественно экстенсивные	Позитивные	Функционирование	Постоянные	Непрерывные	Прогрессивные	Эволюционные	Внешние	Горизонтальные	Открытые	Управляемые	Элементные	Устойчивые	Привнесенные
	Структуры услуг	Преимущественно интенсивные	Нейтральные	Развитие	Временные	Дискретные	Регрессивные	Революционные	Внутренние	Вертикальные	Латентные	Неуправляемые	Системные	Неустойчивые	Инициированные
	Структуры организации управления	Смешанные	Негативные	Саморазвитие	Разовые										
	Корпоративной культуры														
	Другие														

Значение предложенной классификации определяется тем, что совокупность изменений и их направленность могут быть подвергнуты дальнейшему анализу для выявления тех их закономерностей, которые должны быть учтены при управлении транспортным предприятием. Так, например, реализация проводимых на транспортном предприятии изменений по источнику их возникновения предполагает использование различных типов управления (управленческих технологий). Реализация привнесенных изменений соответствует принципам превентивного управления. Например, в случае смены собственника могут пересматриваться целевые установки деятельности транспортного предприятия, а новая команда менеджмента, привлеченная со стороны, реализует проект по реинжинирингу бизнес-процессов организации. Реинжиниринг бизнес-процессов — метод кардинальной перестройки бизнес-процессов в целях достижения качественного иного, более высокого уровня показателей финансово-хозяйственной деятельности транспортного предприятия. Для большинства предприятий основными причинами неудач реинжиниринга являются:

— стремление к перепроектированию существующего процесса (радикальное преобразование всей деятельности предприятия) вместо того, чтобы попытаться улучшить существующий процесс;

— недооценка роли существующей корпоративной культуры и принятых на предприятии принципов и технологий управления;

— низкий уровень контроля над большим числом процессов, подвергаемых реинжинирингу;

— низкий уровень информированности коллектива о происходящих изменениях и игнорирования антиинновационных реакций со стороны работников предприятия.

Реализация инициированных изменений, то есть изменений, инициированных менеджментом транспортного предприятия, соответствует принципам адаптационного управления. Так, в процессе рефрейминга (от *англ.* to reframe — дословно «вставлять в новую рамку», «заново приспособить») происходит изменение представления руководства аппарата управления относительно положения предприятия на рынке транспортных услуг. При этом актуализируются такие задачи управления, как:

— корректировка главных целей предприятия и их структурирования в виде отдельных задач. Следует учитывать, что цель (цели) предприятия в данный конкретный период времени совершенно конкретна (конкретны);

— достижение, насколько это возможно, связи новых целей предприятия с индивидуальными целями работников. Это достигается целеполаганием системы мотивации труда, в достаточной мере соответствующим сложившейся ситуации;

— оценка степени достижения целей. Подобное предполагает формирование системы измерительных параметров деятельности транспортного предприятия.

Таким образом, акцент на процессе управления изменениями означает лучшее осознание того, что изменения перманентны, что их причинно-следственные связи глубоки и менее детерминированы, чем ожидалось, и что достигнутый результат зависит в том числе и от широты взглядов менеджеров транспортного предприятия.

Список литературы

1. *Астахова Т. А.* Организационные изменения в компании: персонал, руководители, процессы и управление / Т. А. Астахова, Н. К. Смирнова, О. Г. Самарина. — М.: Бератор-Паблишинг, 2008.

2. *Кемирон Э.* Управление изменениями: пер. англ. / Э. Кемирон, М. Грин. — М.: Изд-во «Добрая книга», 2006.

3. *Маринец И. Н.* Социально ориентированное управление изменениями в городском хозяйстве: моногр. / И. Н. Маринец. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2004.

4. *Широкова Г. В.* Управление изменениями в российских компаниях / Г. В. Широкова. — СПб.: Издат. дом СПбГУ, 2006.

5. *Daft R.* Management / R. Daft. — Chicago: Dryden Press, 1988.

6. *Schumpeter J.* Theorie des wirtschaftliche Entwicklung / J. Schumpeter. — 1911.

7. *Van de Ven A.* Explaining of development and change in organization / A. Van de Ven, M. S. Pool // Academy of Management Review. — 1995. — № 20 (3).

8. *Watzlawik P.* Change: principles of problem formation and problem resolution / P. Watzlawik, J. H. Waakland, R. Fisch. — N. Y.: Norton, 1974.

УДК 658 (075.8)

А. Б. Смирнов,
канд. экон. наук, доцент,
СПГУВК

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ БАЗОЙ В ТУРИНДУСТРИИ

RESOURCE BASIS MANAGEMENT IN TOURISM INDUSTRY

В статье рассмотрены особенности формирования и развития организационно-экономического механизма реализации ресурсного потенциала в туриндустрии: в частности система принципов формирования инновационно-инвестиционных процессов; структура организационно-экономического механизма предпринимательства и привлечения инвестиций.

This article describes the features of formation and development of organizational-economic mechanism, which utilizes the potential resources in the tourism industry, in particular the principles of developing the system of innovation-investment processes, structure of the organizational and economic mechanism of entrepreneurship and attraction of investment.

Ключевые слова: инновационно-инвестиционный процесс, организационно-экономический механизм предпринимательства, среда модернизационного предпринимательства, блок регионального регулирования отрасли, региональная инвестиционная политика.

Key words: process of innovation and investment, organizational-economic mechanism of entrepreneurship, business environment of modernized entrepreneurship, regional legal regulations of tourism industry, regional investment policy.

РЫНОК туриндустрии имеет двойственную природу, что сказывается и на особенностях управления ее ресурсной базой. Являясь в большей степени коммерческой средой, он имеет социально ориентированный характер — направлен на удовлетворение и развитие общественных потребностей, оказывает влияние на процесс социализации личности, выступает инструментом перераспределения национального дохода внутри региона и страны в целом.

Туриндустрия сегодня — это предпринимательский сектор, выполняющий весьма существенные функции в экономике страны. Во-первых, он обеспечивает необходимую мобильность в условиях рынка, способствует развитию специализации и разветвленной кооперации, позволяет оптимизировать использование ресурсного потенциала отрасли, без чего невозможно добиться ее высокой эффективности. Во-вторых, предпринимательство создает атмосферу конкуренции в исследовательской сфере, порождает многообразие

форм и обладает готовностью оперативно реагировать на изменения, вызываемые динамикой научно-технического прогресса. В-третьих, оно создает ту среду, в которой экономика отрасли развивается на принципах личной заинтересованности и инициативы разработчиков и производителей.

Однако предпринимательский сектор отечественной экономики сегодня развит недостаточно для перехода на инновационный тип развития хозяйственных объектов. Существует несовершенный рынок с достаточно высокой степенью монополизма и слабой интеграцией в мировое хозяйство. Серьезно обострены проблемы мобилизации накоплений для проведения структурных реформ.

Объективные причины, вызванные необходимостью перехода экономики туриндустрии на инновационный тип развития, требуют в настоящее время активизации инновационно-инвестиционной деятельности на основе функционирования эффективного механизма привлечения инвестиций в инновационную инфраструктуру предпринимательства.

Закономерным и объективным процессом реализации экономических преобразований в туриндустрии является становление и развитие нового предпринимательства. Оно не только инновационно по своей сути, но и постоянно воспроизводит инновационную направленность деятельности и необходимые для этого условия.

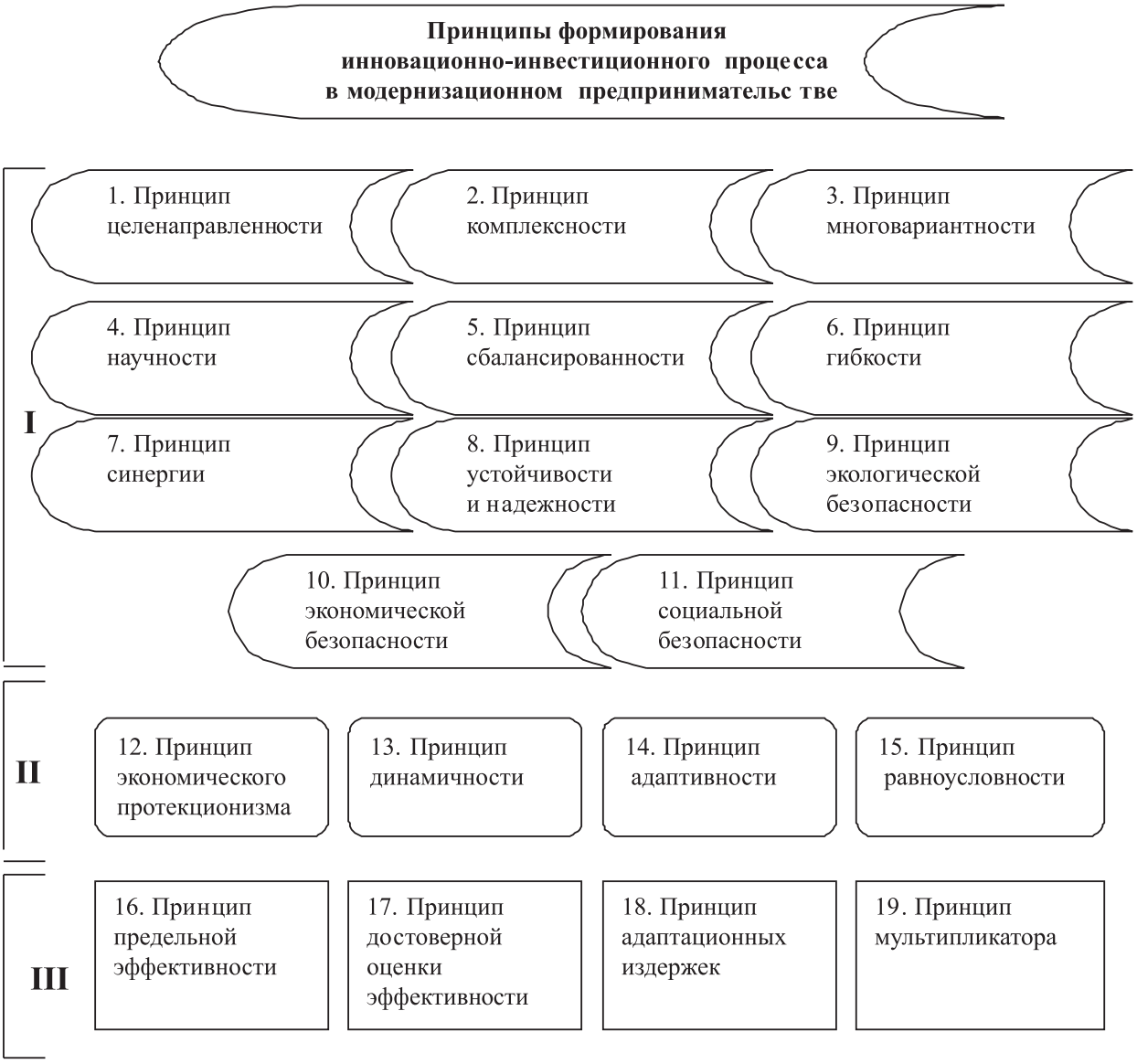


Рис. 1. Принципы формирования инновационно-инвестиционных процессов в предпринимательстве

Важным компонентом любой научной концепции являются руководящие научные принципы. С. И. Ожегов определяет принцип как «основное исходное положение какой-либо теории, учения, программы». В. Н. Спицнандель представляет более удачную трактовку этого понятия: «Принцип — это обобщенные опытные данные, это закон явлений, найденный из наблюдений. Поэтому их истинность связана только с фактами, а не с домыслами».

Многие проблемы формирования инновационно-инвестиционного процесса в туриндустрии обусловлены отсутствием четко разработанной системы принципов инвестиционно-инновационной политики. Система принципов инвестиционно-инновационной политики является стержнем развития отрасли, обеспечивающим эффективное взаимодействие всех экономических агентов, начиная от предпринимательских структур и охватывая органы власти всех уровней.

Рассмотрим систему принципов формирования инновационно-инвестиционных процессов в новом предпринимательстве (рис. 1).

В соответствии с теориями инноваций и инвестиций основными общими принципами управления инновационно-инвестиционным процессом в предпринимательстве являются: целенаправленность, комплексность, многовариантность, научность, сбалансированность, системность, гибкость, синергия, устойчивость и надежность, а также социальная, экологическая и экономическая безопасность. Они должны реализовываться в инвестиционно-инновационной политике органов власти различного уровня.

Помимо основных базовых принципов, необходимо учитывать также следующие принципы управления инновационно-инвестиционным процессом, исходящие из специфических особенностей инновационного процесса [2]: экономического протекционизма, динамичности, адаптивности, равноусловности.

На современном сложном этапе трансформации экономики производственный и экономический ресурсный потенциал туристской отрасли не может быть сохранен, эффективно использоваться и воспроизводиться, если не будет сформирован эффективный механизм управления инновационным процессом во взаимосвязи и взаимозависимости его с инвестиционным процессом в рамках экономико-организационного механизма предпринимательства. Для стабилизации и развития инновационного и инвестиционного процессов, создания определенных правил действий и реализации возможностей предпринимателей необходимы современные методы управления по различным направлениям структурных преобразований.

В экономической теории понятие «механизм» часто применяется в сочетании с эпитетами «экономический», «хозяйственный» и «организационный». В специальной литературе нет четкого разграничения сфер их применения, многое зависит от приверженности авторов той или иной научной школе. Следует различать механизмы и те институты, с помощью которых объясняется функционирование механизмов и которые следует относить к категории «экономический режим». Одна и та же экономическая система может существовать и действовать в различных режимах [3].

Механизмы, экономические или хозяйственные, являются результатом целенаправленной или же неосознаваемой деятельности человеческих масс и представляют собой некоторую совокупность институций, норм, правил, обеспечивающих при определенных условиях формирование заданных экономических явлений.

Следует отличать экономический или хозяйственный механизм от неупорядоченной совокупности некоторых институций, правил и норм: детали экономического или хозяйственного механизма, находясь в строго определенной последовательности — порядке, составляют тот или иной механизм, носящий целеустремленный характер. Отсутствие или несоответствие одной из них определенным параметрам ведет к утрате работоспособности хозяйственного механизма в целом. Хозяйственный механизм не сводится к простой сумме его составных частей. В силу очевидных системных свойств он становится чем-то большим, превосходящим совокупность его деталей. Отдельные механизмы могут являться частью других, более общих экономических и хозяйственных механизмов.

Таким образом, экономический и хозяйственный механизм представляет собой организованную или упорядоченную систему взаимодействия экономических явлений на основе совокупности институциональных становлений, обеспечивающую субъектам хозяйствования в определенных расчетных режимах достижение заданных или прогнозируемых результатов.

Научное понимание экономической сущности и содержания хозяйственного механизма и современного предпринимательства дает основание утверждать, что организационно-экономический механизм модернизационного предпринимательства — это способ ведения хозяйства предпринимательского типа, организации предпринимательского воспроизводства с помощью научно обоснованной системы экономико-организационных форм и методов его регулирования.

Структурно такой механизм должен состоять из трех взаимосвязанных функциональных блоков (рис. 2):

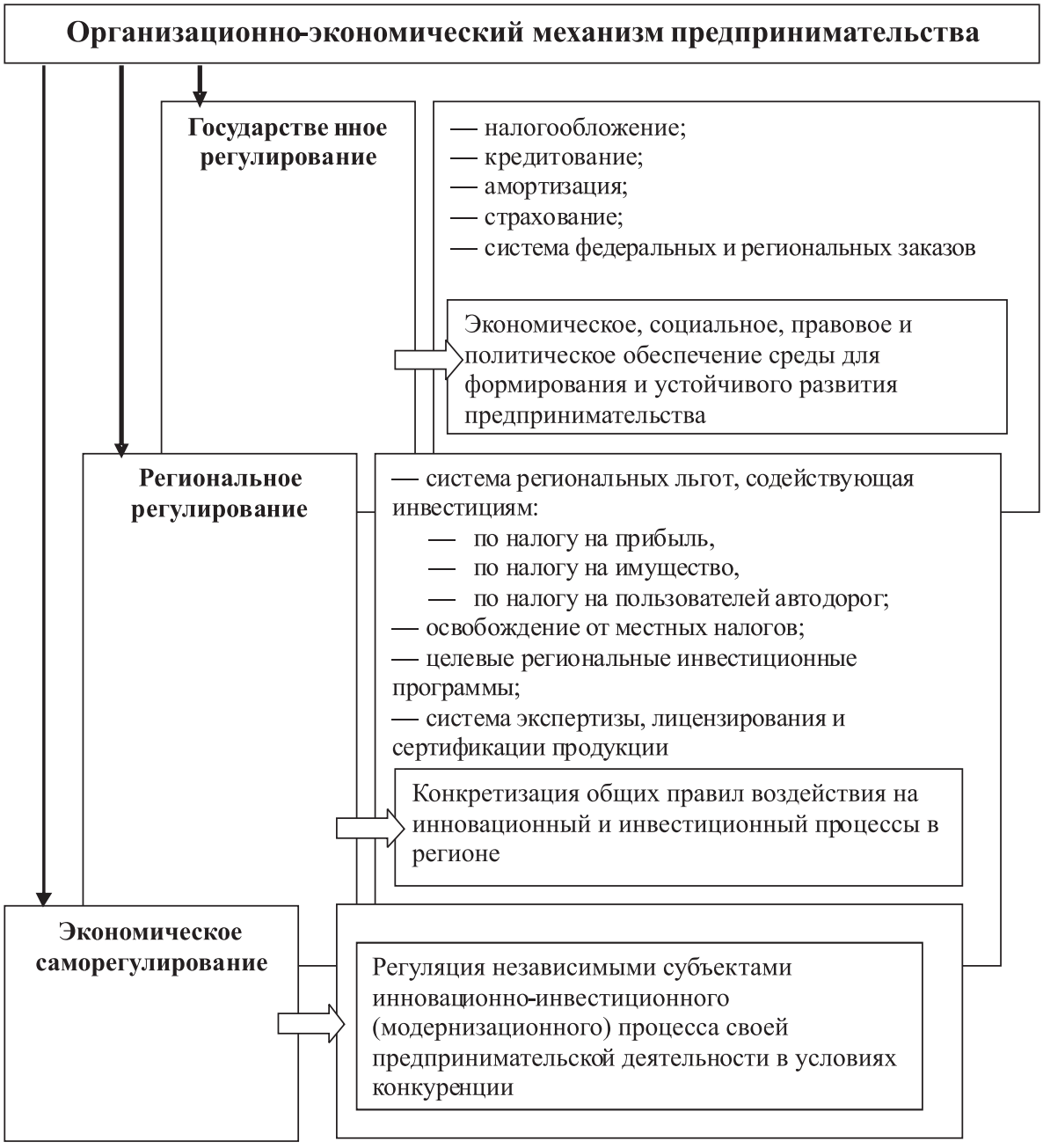


Рис. 2. Организационно-экономический механизм предпринимательства

— макроэкономическое (государственное) регулирование;

— мезоэкономическое (региональное) регулирование;

— экономическое саморегулирование.

Государственное регулирование предпринимательства в туриндустрии представляет собой систему экономического, социального, правового и политического обеспечения государственными органами среды для формирования и устойчивого развития предпринимательства. Государственное регулирование предпринимательства выполняет следующие основные функции [5]:

1) формирование субъектов предпринимательства;

2) формирование конкурентной среды;

3) создание условий для устойчиво развивающегося предложения товаров и услуг высокого качества;

4) стимулирование и непосредственное формирование спроса на инновационную продукцию;

5) формирование организационной и рыночной инфраструктуры предпринимательства;

6) обеспечение социальной ориентации процесса формирования и развития предпринимательства.

В современных условиях России особенно необходим инновационный механизм привлечения инвестиций в предпринимательство (рис. 3).

Развитие предпринимательства в направлении повышения уровня инновационной деятельности возможно только при активизации всего комплексного инновационно-инвестиционного процесса. Техника, основанная на принципиально новых технологических решениях, должна быть востребована производителями, то есть необходимо создание адекватной для освоения такой техники производственной базы. Речь в первую очередь идет о модернизации и обновлении основного капитала компаний, о соответствующих для этих целей финансовых ресурсах. Для этого необходимо задействовать всю систему государственного регулирования: налогообложение, кредитование, амортизационную политику, страхование, систему федеральных и региональных заказов, приватизацию, инфраструктуру, финансы коммерческих структур и т. д.

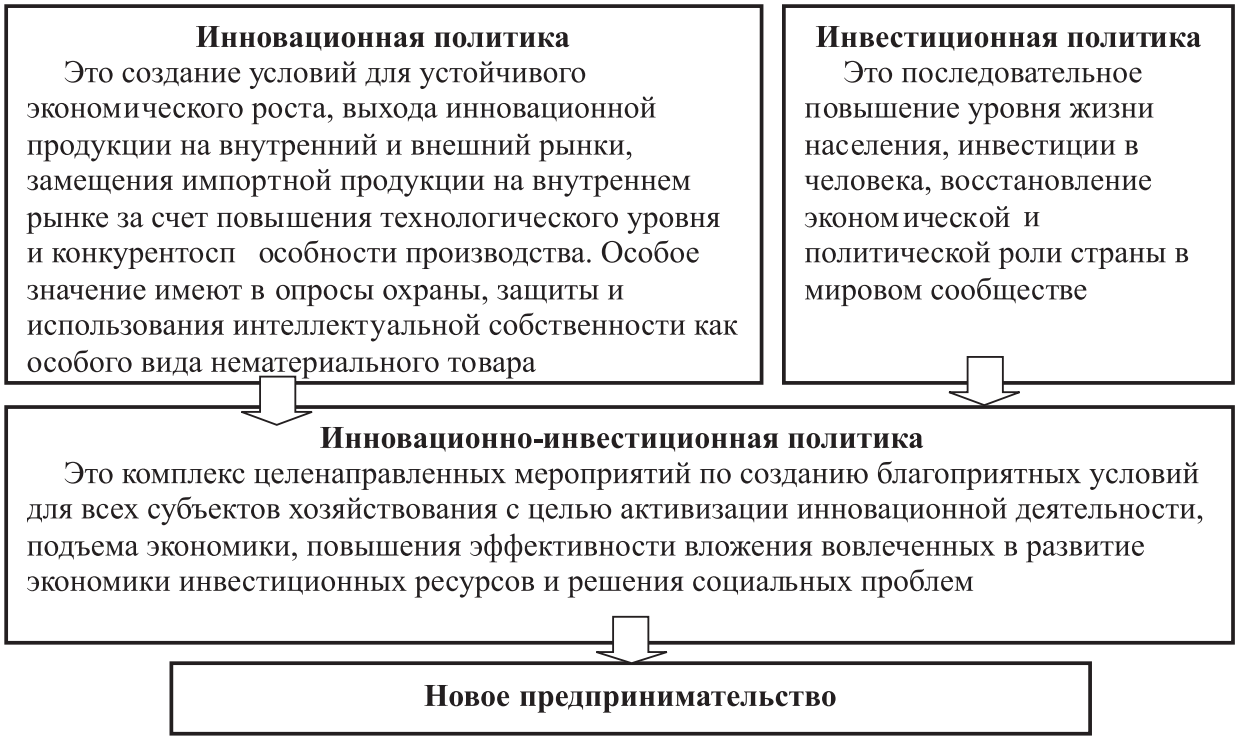


Рис. 3. Формирование среды модернизационного предпринимательства

На макроэкономическом уровне в настоящее время осуществляются государственная инновационная и инвестиционная политика.

Государственная инновационная политика решает многочисленные задачи, необходимые для развития инновационного потенциала, обновления основных производственных фондов, активизации предпринимательской инновационной деятельности. Целью государственной инновационной политики является создание условий для устойчивого экономического роста, выхода инновационной продукции на внутренний и внешний рынки, замещения импортной продукции на внутреннем рынке за счет повышения технологического уровня и конкурентоспособности производства. Особое значение имеют вопросы охраны, защиты и использования интеллектуальной собственности как особого вида нематериального товара.

Главными целями государственной инвестиционной политики являются: последовательное повышение уровня жизни населения, инвестиции в человека, восстановление экономической и политической роли страны в мировом сообществе. Основной задачей в связи с этим является создание и поддержание условий для прироста частных инвестиций в реальный сектор экономики, который бы полностью удовлетворял спросу рынка на инвестиционные ресурсы.

Создание оптимальных условий для активизации инновационного потенциала предпринимательских структур туриндустрии и перехода от факторной стадии конкурентного развития к инновационной, совмещенной с инвестиционной стадией, требует в настоящее время разработки соответствующей новой инновационно-инвестиционной политики.

Новая политика — это комплекс целенаправленных мероприятий по созданию благоприятных условий для всех субъектов хозяйствования с целью активизации инновационной деятельности, подъема экономики отрасли, повышения эффективности вложения вовлеченных в развитие отрасли инвестиционных ресурсов и решения социальных проблем. Новая политика является важным рычагом воздействия как на экономику отрасли, так и на предпринимательскую деятельность ее хозяйствующих субъектов при переходе на инновационный путь развития.

Блок регионального регулирования отрасли конкретизирует общие правила государственного воздействия на инновационный и инвестиционный процессы в отрасли в регионе.

В настоящее время регулирующее воздействие на участников инвестиционного процесса осуществляется с помощью совокупности следующих основных экономических инструментов и рычагов:

— результаты нормотворческой деятельности в регионе;

— региональная инновационная политика;

— целевые региональные инвестиционные программы;

— региональная финансово-кредитная политика;

— региональная налоговая политика;

— политика ценообразования;

— амортизационная политика;

— градостроительная и экологическая политика;

— система экспертизы, лицензирования и сертификации продукции.

Следует отметить, что реализация региональных интересов связана не только с интегрированным территориально-отраслевым хозяйствованием, но и, прежде всего, с развитием в регионах системы предпринимательства. В качестве основных причин, вызывающих необходимость усиления экономических реформ (и их основы — развития предпринимательства), на региональном уровне выступают следующие:

— необходимость учета специфики регионов в осуществлении федеральной экономической политики отрасли;

— возможность эффективно реализовывать конкурентное преимущество отдельных регионов;

— возможность эффективно развивать предпринимательство с учетом местных условий, местного рынка, местных ресурсов.

Сущность инновационного подхода к формированию региональной инвестиционной политики заключается в следующем:

— региональная инвестиционная политика связывается с внутрифирменными вложениями в технико-технологическую структуру предприятий;

— региональная инвестиционная политика соотносится с привлечением внешнего как отечественного, так и иностранного финансирования;

— сферой инновационного подхода в региональной инвестиционной политике могут стать: налоги, влияющие на рентабельность инновационных проектов и стимулирующие инновационную деятельность; финансовая политика, предполагающая систему финансирования приоритетных направлений регионального развития отрасли.

Инновационный подход формирования региональной инвестиционной политики может быть реализован в условиях структурно-функциональных преобразований в экономике регионов. Сама по себе инновационная деятельность — это не просто создание и применение новых технологий, а прежде всего целенаправленное формирование и воспроизводство инвестиционного потенциала регионов.

При разработке методов управления инновационным и инвестиционным процессами в регионе необходимо учитывать опыт (положительные и отрицательные стороны) других стран, их умение вести себя на рынке, ставить потребителя в центр всей предпринимательской деятельности. Создание инноваций в развитых странах привело к бурному росту наукоемких отраслей, широкому распространению информационных технологий, возникновению новых форм стимулирования творчества. Использование инноваций позволяет получать результаты, приводящие к инвестициям и росту благосостояния населения. Большинство методов, используемых в развитых странах местными властями с целью создания благоприятных условий для привлечения инвестиций, условно можно разделить:

— на прямые финансовые стимулы;

— внебюджетные инвестиции;

— налоговые меры;

— формирование экономических стимулов для мобилизации инвестиционных ресурсов (прибыли и амортизационных отчислений);

— применение различных технологий по созданию и поддержке имиджа инвестиционной территории.

Другим важным направлением развития региональных инновационного и инвестиционного процессов в странах с развитой рыночной экономикой является привлечение внебюджетных ресурсов.

В настоящее время передовыми технологиями управления инновационным и инвестиционным процессами являются механизмы создания гарантийных программ для кредитования малого, среднего и крупного бизнеса. Кредитные гарантийные системы предназначены для снижения банковских ограничений по кредитным рискам для того, чтобы включить долгосрочные кредиты заемщикам, не имеющим залога или имеющим недостаточный залог. Кредитные гарантийные программы имеют три модификации:

— гарантии предоставляются по каждому отдельному случаю с привязыванием их к конкретным кредитам;

— гарантируются только высокорискованные займы;

— предоставляются гарантии аккредитованным заимодателям для всех займов, независимо от степени риска.

Эксперты полагают, что источники долгосрочного конкурентного преимущества российских предприятий туриндустрии находятся в области инвестиций в принципиально новые технические разработки и «мозги». Поэтому в ближайшем будущем будет наблюдаться концентрация инвестиционных ресурсов на новых разработках, ориентированных на высокоспециализированные рыночные ниши, а также будет осуществляться интенсивный поиск и привлечение «мозгов» [1, с. 88–92].

Основой экономики любого развитого государства являются крупные фирмы и компании, активно сотрудничающие с предприятиями и фирмами малого и среднего бизнеса. Несмотря на исключительную важность государственного регулирования НИОКР, именно крупная фирма остается лидером, не только экономически и организационно интегрирующим различные стадии инновационного про-

цесса, но и привлекающим необходимые финансовые ресурсы [4]. Крупные корпорации, работающие на олигополистических рынках, стали основным источником технологических нововведений. Нововведения в свою очередь стали основным источником прибыли, экономического роста и структурных сдвигов. Как известно, первым экономистом, ясно сформулировавшим эти выводы, стал Й. Шумпетер. Работы его учеников и последователей заложили основы современных теорий инновационной деятельности.

Таким образом, выводы отечественных и зарубежных ученых и практиков говорят о том, что выход из затянувшегося кризиса, затронувшего и туристкую отрасль, возможен лишь на инновационно-предпринимательской основе. Для этого необходимо продуманное реформирование инвестиционной сферы, основанное на органичном сочетании рыночного механизма, его саморазвития с активным государственным регулированием функционирования экономики. При этом возрастает роль регулирования экономики на региональном уровне. Для реального оживления инновационной и инвестиционной активности необходимо достижение оптимального баланса применения соответствующих инструментов государственного и регионального регулирования инновационного и инвестиционного процессов и развитие организационно-экономического механизма предпринимательства отрасли. Необоснованное уменьшение роли государства в пользу идеи самозарождения, саморазвития и саморегулирования формирующихся рыночных отношений лишь увеличивает издержки и продолжительность переходного периода к становлению цивилизованной социально ориентированной экономики. При этом со стороны предприятий требуется разработка инноваций как преддверия будущих инвестиций, выработка инновационно-инвестиционной стратегии. Со стороны государства и регионов требуется создание условий для стабильности, упорядочение налоговой системы, содействие в формировании современной рыночной инфраструктуры и помощь инновационным научным разработкам.

Список литературы

1. *Воронов С. А.* Инновационные факторы повышения региональной конкурентоспособности / С. А. Воронов, Н. В. Казакова // Логистические подходы в управлении инвестициями и инновациями: сб. науч. тр.— Саратов: СГТУ, 2009.

2. *Головач Л. Г.* Регулирование инновационных процессов в регионе / Л. Г. Головач, Г. А. Краюхин, Л. Ф. Шайбакова. — СПб.: СПбГИЭА, 2005.

3. *Жданов В. П.* Инвестиционные механизмы регионального развития / В. П. Жданов. — Калининград: БИЭФ, 2010.

4. Инновационная экономика / под ред. А. А. Дынкина, Н. И. Ивановой. — М.: Наука, 2009.

5. *Олейников Ю. В.* Природный фактор российского социума / Ю. В. Олейников. — М., 2008.

6. *Спицнандель В. Н.* Основы системного анализа: учеб. пособие / В. Н. Спицнандель. — СПб.: БГТУ, 2008.

УДК 330

В. А. Дулесова,
аспирант,
СПГУВК

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНЯ МОТИВАЦИЕЙ ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

PERSONNEL MOTIVATION MANAGEMENT SYSTEM FORMING IN THE CONDITIONS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE RAILWAY TRANSPORT

В статье изложено обоснование необходимости формирования системы управления мотивацией персонала в условиях инновационного развития железнодорожного транспорта, уточнено понятие системы управления мотивацией персонала, представлена методика формирования системы управления мотивацией персонала.

In the article the necessity of personnel motivation management system forming in the conditions of innovative development of the railway transport is disclosed and justified. The definition of the notion of personnel motivation management system forming is provided as well as the methods of personnel motivation management system forming.

Ключевые слова: управление, персонал, мотивация, транспорт, система, инновационное развитие.
Key words: management, personnel, motivation, transport, system, innovative development.

АКТУАЛЬНОСТЬ исследования обусловлена тем, что инновационное развитие железнодорожного транспорта требует новых подходов к управлению предприятием и его ресурсами, основным из которых является персонал. Анализ проблем, возникших в сфере железнодорожного транспорта, позволил выявить следующие ключевые моменты, которые более всего сдерживают динамику инновационного процесса:

— низкий технический уровень развития специализированного отечественного машиностроения в условиях длительного недофинансирования;

— территориальные диспропорции в развитии инфраструктуры железнодорожного транспорта, транспортной обеспеченности регионов и развития пропускной способности железнодорожных линий;

— критическая недостаточность инвестиционных ресурсов по причине низкой рентабельности отрасли и отсутствие инвестиционной составляющей в тарифе;

— низкий уровень мотивации персонала.

Слабая трудовая мотивация в свою очередь обусловлена отрицательным влиянием ряда социально-экономических факторов. К таким факторам относятся следующие:

— ослабление позиций предприятий железнодорожного транспорта на рынке труда, вызванное сокращением разрыва в оплате труда и предоставлением менее привлекательного социального пакета по сравнению с ведущими отраслями;

— высокий удельный вес ручного, тяжелого и низкоквалифицированного труда при ремонте и содержании подвижного состава и других технических средств;

— отсутствие соответствующей социально-психологической и информационной подготовки персонала при проведении структурной реформы на предприятиях железнодорожного транспорта;

— недостаточная согласованность в механизмах формирования кадровой и социальной политики, вызванная устареванием методических подходов к формированию системы управления персоналом на железнодорожном транспорте, к оценке кадрового потенциала транспортной организации.

Указанные проблемы требуют нового подхода к управлению мотивацией персонала

на предприятиях железнодорожного транспорта. При этом инновационное развитие отрасли определяет потребность:

— в специалистах, востребованных и в других отраслях экономики — в сфере маркетинга и организации продаж, информационных технологий, экономики и финансов, юриспруденции, менеджмента;

— повышении квалификации технических специалистов для работы с новыми типами подвижного состава и технических средств;

— формировании корпоративной управленческой культуры.

Основное внимание на современном этапе должно быть уделено повышению мотивации персонала. В связи с этим автором предложены методические положения по формированию системы управления мотивацией персонала на предприятии железнодорожного транспорта в условиях инновационного развития. С учетом этого предложено уточненное понятие «системы управления мотивацией персонала» и алгоритм ее формирования.

В научной литературе широко используются термины «мотивационная система», «система мотивации персонала» или «системы мотивации личности», тем не менее последовательное и комплексное раскрытие понятия «система управления мотивацией персонала» в литературе отсутствует.

Основные элементы системного подхода, рассмотрение которых необходимо с точки зрения обоснования определения системы управления мотивацией персонала, перечислены ниже.

1. Согласно теории Р. Л. Акоффа, существуют реальные и концептуальные системы. Социально-экономические системы, безусловно, реальны, так как реально существует взаимосвязь между их компонентами. При этом концептуальное, теоретическое представление о такой системе, ее структуре, компонентах и их взаимосвязи может быть полным или адекватным, что определяется уровнем развития научного знания [1]. Предлагаемый автором методический подход к интерпритации понятия «система управления мотивацией персонала» позволяет раскрыть наиболее существенные компоненты данной системы и связи между ними, но, безусловно, не является всеобъемлющим. Остаются за пределами рассмотрения психологические механизмы и методы управления мотивацией, основанные на глубоком изучении структуры личности, учете мотивационного влияния эмоциональных состояний, темперамента, волевых качеств личности и т. д.

2. В. Н. Садовский в своем научном труде «Основания общей теории систем» писал, что «целеустремленность, нацеленность на достижение определенных результатов является важнейшим свойством системы, определяющим ее место, роль и функции во внешней среде» [2]. Общество в целом является «внешней средой» для системы управления мотивацией персонала. Рассматривая систему управления мотивацией персонала как сложную социально-экономическую систему, важно выделить подсистемы, элементы и связи, раскрывающие способы достижения цели системы, специфику применяемых стимулов для формирования мотивов у персонала в определенном обществе.

3. Системы характеризуются иерархическим строением, при этом, по мнению Дж. Риггса, каждый элемент системы может рассматриваться как самостоятельная система, состоящая из более простых компонентов [3]. Состав и иерархия элементов системы, по мнению ряда исследователей, определяются системообразующим фактором. Таким системообразующим значением является цель социально-экономических систем. Можно признать, что целью системы управления мотивацией персонала является формирование определенного отношения персонала к производственному процессу, что, в свою очередь, направлено на повышение эффективности деятельности всего предприятия. Таким образом, результат функционирования системы управления мотивацией персонала, ее цель определяет необходимое значение системообразующего признака, характер иерархического строения и механизм ее функционирования.

4. Любая система определяется степенью устойчивости (равновесия), которая изменяется во времени [4]. Фактор времени, с точки зрения автора, является «системообра-

зующим» и «системоразрушающим» фактором. Таким образом, система управления мотивацией персонала находится под влиянием «жизненного цикла» предприятия и может в соответствии с его стадией изменять структуру, свойства, функции и механизмы воздействия на персонал.

На основе изложенных положений системного подхода и выработанных представлений о сущности мотивации персонала можно дать общее определение системы управления мотивацией персонала. Система управления мотивацией персонала представляет собой совокупность управленческих воздействий, побуждающих персонал на каждой стадии жизненного цикла предприятия к высокопроизводительному труду.

Алгоритм формирования и внедрения системы управления мотивацией персонала на железнодорожном транспорте приведен на рис. 1.

С учетом изложенной последовательности на первом этапе формирования системы управления мотивацией персонала должен проводиться анализ действующей системы управления персоналом и мотивацией персонала на предприятии железнодорожного транспорта.



Рис. 1. Алгоритм разработки системы управления мотивацией персонала на железнодорожном транспорте

На втором этапе исследуются внешние и внутренние факторы, влияющие на систему управления мотивацией персонала: социально-экономическое и техническое развитие страны, ее официальная политика, конкуренция; корпоративная культура на предприятии, организационная структура, инновационное развитие, объем производства.

На третьем этапе выполняется оценка сильных и слабых сторон предприятия, определяющих особенности ее системы управления мотивацией персонала. Для этой цели используется метод SWOT-анализа в управлении персоналом. В результате анализа внешней и внутренней среды с помощью SWOT-анализа выявляются сильные и слабые стороны организации в области управления персоналом, а также возможности, которыми она располагает, и угрозы, которых следует избегать.

С учетом результатов анализа внешних факторов, сильных и слабых сторон в области управления персоналом на предприятии железнодорожного транспорта, транспортной стратегии страны обосновываются стратегические цели системы управления мотивацией персонала: повышение эффективности управления персоналом, профессиональное и социальное развитие кадров.

В зависимости от стратегических целей, источников и объема финансирования формируется перечень проектов системы управления мотивацией персонала на железнодорожном транспорте.

В общем виде проект системы управления мотивацией персонала организации состоит из технико-экономического обоснования целесообразности и необходимости формирования системы управления мотивацией персонала, задания на проектирование, общего организационного проекта. Процесс разработки и внедрения проекта системы управления мотивацией персонала состоит из трех стадий: предпроектной подготовки, проектирования и внедрения.

Технико-экономическое обоснование целесообразности и необходимости формирования системы управления мотивацией персонала (ТЭО) предназначено для обоснования производственно-хозяйственной необходимости и технико-экономической целесообразности формирования системы управления мотивацией и включает следующие разделы: введение, характеристика существующей производственной системы и системы управления персоналом, цели и критерии формирования системы управления мотивацией персонала, ожидаемые технико-экономические результаты от внедрения системы управления мотивацией персонала, выводы и предложения.

Основным разделом ТЭО является «характеристика существующей производственной системы и системы управления», которая включает:

— результаты анализа производственной системы и ее основных элементов;

— результаты анализа системы управления персоналом и его мотивацией и ее составных частей;

— перечень и характеристика недостатков, резервов, узких мест в производственной системе и системе управления персоналом (в том числе по отдельным составляющим их элементам);

— оценка производственных потерь, возникающих из-за недостатков в производственной системе и системе управления персоналом и по составляющим их элементам, а также ухудшения технико-экономических и социальных показателей деятельности.

Задание на оргпроектирование системы управления (ЗО) является исходным документом для разработки проекта системы управления мотивацией персонала организации. В состав ЗО необходимо включить разделы, в которых раскрываются:

— основание разработки проекта системы управления мотивацией персонала;

— цель разработки проекта;

— результаты анализа состояния производства и управления персоналом;

— требования к построению системы управления мотивацией персонала;

— предложения по совершенствованию производственной системы и системы управления персоналом;

— технико-экономические результаты разработки и внедрения проекта системы управления мотивацией персонала;

— состав, содержание и организация работы по разработке и внедрению проекта;

— порядок приемки проекта совершенствования системы управления мотивацией персонала;

— источники информации, используемые при разработке проекта;

— сроки разработки проекта и источники финансирования.

Важнейшим разделом этапа ЗО являются «требования к построению системы управления мотивацией персонала», которые содержат формулировку требований к системе управления мотивацией персонала в целом, а также к подсистемам. В нем излагаются важнейшие закономерности, принципы и методы построения системы управления мотивацией персонала и отдельных ее частей (подсистем, элементов). В разделе приводятся требования к качеству выполнения функций системы управления мотивацией персонала.

С учетом того, что проект предусматривает вложение инвестиций, расчет его экономической эффективности проводится по общепринятым методическим показателям:

— чистый дисконтированный доход (ЧДД), или интегральный экономический эффект;

— индекс доходности (ИД);

— срок окупаемости;

— рентабельность инвестиций.

Этап внедрения проекта системы управления мотивацией персонала включает следующие стадии: материально-техническую подготовку, профессиональную подготовку управленческих работников, социально-психологическую подготовку работников организации, разработку системы стимулирования внедрения проекта, опытное внедрение и внедрение проекта, контроль за ходом внедрения, расчет фактического экономического эффекта от внедрения проекта.

Материально-техническая подготовка к внедрению проекта начинается на этапе общего проектирования и заключается в подготовке к проведению работ по закупке и наладке технических средств управления, предусмотренных проектом.

Профессиональная подготовка управленческих работников заключается в обучении, переподготовке и повышении квалификации работников аппарата управления для работ в новых условиях функционирования системы управления мотивацией персонала.

Социально-психологическая подготовка работников управления состоит в проведении бесед и лекций среди управленческого и производственного персонала организации для разъяснения необходимости и эффективности внедрение системы управления мотивацией персонала.

Разработка системы стимулирования внедрения проекта заключается в подготовке специальных положений о материальном и моральном поощрении участников внедрения проекта. Финансирование расходов на разработку и внедрение системы управления мотивации персонала может осуществляться за счет собственных и заемных средств. Основными направлениями инвестиций являются:

— создание отдела по управлению мотивацией персонала;

— определение потребности в профессиональном обучении рабочих и укомплектование предприятия высококвалифицированными кадрами;

— разработка и внедрение образовательных программ в сфере профессиональной подготовки рабочих кадров с целью получения, непрерывного расширения и углубления профессиональных знаний в области инновационных технологий на железнодорожном транспорте;

— разработка трехуровневой системы премирования персонала;

— оптимизация социальной поддержки персонала предприятий железнодорожного транспорта.

Контроль за ходом внедрения должен осуществлять руководитель организации, а также ответственные исполнители по отдельным подсистемам системы управления мотивацией персонала.

Экономический эффект от внедрения проекта определяется по формуле (1)

$$Э = Э_{тек} – Э_{баз}, \quad (1)$$

где $Э_{тек}$, $Э_{баз}$ — эффективность деятельности предприятия до и после внедрения проекта системы управления мотивацией персонала.

Особое значение при формировании системы управления мотивацией персонала

должна занимать увязка методов мотивации персонала и инновационное развитие предприятия железнодорожного транспорта. Основными инновационными проектами на железнодорожном транспорте являются:

— развитие высокоскоростного движения;

— создание системы технического обслуживания скоростной и высокоскоростной инфраструктуры и подвижного состава;

— модернизация основных объектов инфраструктуры;

— внедрение комплексных устройств диагностики обеспечения безопасности движения поездов;

— разработка новых технических требований к технике и технологии;

— строительство новых железнодорожных линий.

В качестве положительных социальных эффектов от внедрения данных инновационных проектов могут выступать: новые рабочие места; улучшение условий труда, отдыха и быта, медицинского обслуживания работников на уровне рациональных норм; рост совокупных доходов квалифицированных работников; повышение содержательности и творческой составляющей трудовой деятельности.

Таким образом, изложенные методические положения к формированию эффективной системы управления мотивацией персонала требуют дальнейшего уточнения и их реализация обеспечит достижение целей предприятия посредством эффективной, сильной и устойчивой мотивации, формируемой посредством комплексного стимулирования на основе внедрения инноваций, являющегося предметом интереса персонала предприятий железнодорожного транспорта.

Список литературы

1. Акофф Р. Л. О целеустремленных системах / Р. Л. Акофф, Ф. Э. Эмери; под ред. И. А. Ушакова. — 2-е изд. — М.: Изд. ЛКИ, 2009. — 272 с.

2. *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем: логико-методологический анализ / В. Н. Садовский. — М.: Наука, 1974. — 280 с.

3. Риггс Дж. Производственные системы: планирование, анализ, контроль / Дж. Риггс. — М.: Прогресс, 1972. — 340 с.

4. *Адизес И.* Управление жизненным циклом корпорации / И. Адизес. — СПб. : Питер, 2010. — 384 с.

УДК 656.073.233

В. Н. Сапронов,
аспирант,
ФГОУ ВПО «Морская государственная
академия им. адм. Ф. Ф. Ушакова»

КРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ГРУЗОВОЙ БАЗЫ МОРСКИХ НЕФТЕНАЛИВНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

CRITICAL OVERVIEW OF MODERN METHODS OF CARGO SOURCES OPTIMIZATION FOR MARINE OIL TRANSSHIPMENT TERMINALS

В статье проводится критический обзор существующих методов оптимизации грузовой базы морских нефтеналивных терминалов и обосновывается необходимость поиска новых оптимизационных методик.

The article critically overviews existing methods of cargo sources optimization for marine oil transshipment terminals and proves necessity for new optimization methods.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, перевалка, морские нефтеналивные терминалы, грузовая база, оптимизация.

Key words: oil, oil products, transshipment, marine oil transshipment terminals, cargo sources, optimization.

ИНТЕРЕС к проблематике оптимизации грузовой базы морских нефтеналивных терминалов обусловлен потребностью современной российской нефтеперевалочной отрасли в инвестициях, о чем свидетельствуют официальные правительственные документы и публикации в отраслевых изданиях [6, с. 18–23; 14].

Перевалочная деятельность выступает звеном транспортной инфраструктуры народного хозяйства, которая, в свою очередь, является частью более обширного понятия — «производственной инфраструктуры», формирующейся в процессе общественного разделения труда. Выполняя функции по доставке нефтеналивных грузов, нефтеперевалочная отрасль служит необходимым условием, позволяющим современной экономике функционировать как единому народнохозяйственному комплексу.

Морские нефтеналивные терминалы обслуживают мультимодальные направления перевозок нефти и нефтепродуктов в пунктах взаимодействия различных видов транспорта и имеются во всех морских бассейнах нашей страны. Характеристика основных морских нефтеналивных терминалов России приведена в табл. 1.

Поскольку потребление конечных результатов работы нефтеналивных комплексов совпадает по времени с процессом перевалочного производства, то для измерения объема товарной и реализуемой продукции нефтеперевалочной деятельности используется показатель суммы доходов от перевалки. Он позволяет учесть структуру, трудоемкость и особые условия перевалки грузов различной номенклатуры, совокупность оказываемых клиентам услуг. В качестве особенности структуры затрат морских нефтеналивных терминалов в литературе по экономике отрасли ([4; 13]) отмечается преобладание в ней расходов, не зависящих от объема перевалки. К ним относятся расходы на текущий ремонт и содержание зданий, сооружений и инвентаря, амортизация основных фондов, заработная плата с начислениями, административно-управленческие расходы, транспортные расходы, прочие общехозяйственные расходы. К расходам, зависящим от объема перевалки, относятся затраты на присадки, энергетические затраты, потери нефти и нефтепродуктов (в пределах норм естественной убыли и сверх норм).

Таблица 1

Характеристика основных морских нефтеналивных терминалов России

Терминал	Взаимодействующие виды транспорта*	Виды груза	Объемы перевалки в 2009 г., млн т
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ БАССЕЙН			
Нефтегавань Шесхарис (порт Новороссийск)	Т, Ж, М, А	Нефть	44,5
		Мазут, дизтопливо	13,2
ОАО «ИПП» (порт Новороссийск)	Ж, М	Дизтопливо	6,1
Терминал КТК-Р (пос. Южная Озереевка)	Т, М	Нефть	34,6
Порт Туапсе	Т, Ж, М	Нефть	4,2
		Мазут	3,9
		Дизтопливо	3,1
		Бензин	3,0
Порты Тамани	Ж, Р, М	Нефть	5,5**
		Мазут	3,0**
		Светлые нефтепродукты	1,0**
Новороссийский мазутный терминал	Ж, М	Мазут	3,0**
БАЛТИЙСКИЙ БАССЕЙН			
Петербургский нефтяной терминал	Т, Ж, Р, М, А	Нефтепродукты	12,1
Порт Приморск	Т, М	Нефть	74,9
		Дизтопливо	4,2
Терминал «ЛУКОЙЛ» в пос. Ижевское	Ж, М	Нефть, нефтепродукты	2,9
Порт Усть-Луга	Т, Ж, М	Нефть, нефтепродукты	38,0**
СЕВЕРНЫЙ БАССЕЙН			
Варандейский нефтеналивной терминал	Т, М	Нефть	7,7
Архангельский нефтеналивной терминал	Т, М	Нефть	7,8
Нефтеналивной терминал «Витино»	Ж, Р, М	Светлые нефтепродукты	4,4
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ БАССЕЙН			
Спецморнефтепорт Козьмино	Ж, Т, М	Нефть	50,0**
Нефтеотгрузочный терминал в Де-Кастри	Т, М	Нефть	11,9
Терминал «Трансбункер-Ванино»	Ж, М	Нефть, нефтепродукты	4,5

** Используемые сокращения: Т — трубопроводный, Ж — железнодорожный, М — морской, Р — речной, А — автомобильный.*

*** — Проектные данные (млн т в год).*

Преобладание в структуре затрат перевалки нефти и нефтепродуктов постоянных расходов определяет два пути повышения эффективности функционирования нефтеналивных терминалов: 1) снижение затрат на единицу переваливаемых грузов; 2) полное

использование пропускной способности для максимизации доходов от перевалки.

Основные направления снижения себестоимости нефтеперевалки — это автоматизация производственных процессов, снижение затрат на энергию за счет выбора оптимальных режимов работы перегрузочного оборудования, экономное расходование материалов, сокращение потерь нефти и нефтепродуктов при перевалке путем улучшения обслуживания механизмов и устройств и своевременного устранения утечек груза.

Настоящая статья посвящена методам максимизации доходов морских нефтеналивных комплексов от основной деятельности, которая достигается за счет наилучшего с экономической точки зрения использования их пропускной способности или, другими словами, за счет оптимального выбора грузовой базы. Под грузовой базой в данном контексте понимается продукция нефтяной промышленности, транспортируемая по мультимодальным транспортным коридорам, которая по своим физическим свойствам и коммерческим параметрам может быть эффективно перевалена морскими нефтеналивными терминалами.

Оптимизацию грузовой базы морских нефтеналивных терминалов автор данной статьи предлагает проводить в несколько этапов, для чего данную задачу целесообразно разбить на несколько подзадач по оптимизации грузовой базы в соответствии с принятой в нефтеперевалочной отрасли системой группировки производственно-экономических показателей деятельности. В практической работе нефтеперевалочных предприятий их производственно-экономические показатели группируются по следующим признакам: 1) виды обрабатываемых грузов; 2) грузоотправители. В качестве дополнительного направления оптимизации автор статьи полагает целесообразным использовать обслуживаемые транспортные маршруты (грузопотоки). Таким образом, оптимизация грузовой базы морских нефтеналивных терминалов должна заключаться в нахождении таких объемов нефтеналивных грузов, перевалка которых обеспечивала бы терминалам полноту использования их пропускной способности и максимум доходов от перевалки, в разрезе: 1) видов груза; 2) клиентской базы; 3) обслуживаемых транспортных маршрутов.

Для современных российских морских нефтеналивных терминалов характерна неоднородность грузовой базы по всем перечисленным группировочным признакам. Нефтеналивные комплексы, работающие на единственного клиента и обслуживающие один грузопоток, в условиях изменчивой рыночной конъюнктуры рискуют полностью лишиться своей грузовой базы в случае прекращения функционирования такого грузопотока либо утратить значительную часть своих доходов в случае его уменьшения.

Задача оптимизации грузовой базы морских нефтеналивных терминалов по видам груза состоит в нахождении оптимального с точки зрения получаемых доходов от перевалки соотношения объемов различных видов груза при одновременном полном использовании их пропускной способности. Она представляет собой частный случай оптимального планирования производства, а именно такого его направления, как оптимальное математическое программирование. Использование методов математического программирования для решения широкого спектра производственно-экономических задач исследуется в целом ряде работ, в частности в [8; 9 и др.]. Применительно к решаемой в данной статье проблеме в качестве максимизируемой целевой функции задачи математического программирования целесообразно выбрать показатель доходов от перевалки как основной экономический критерий ее эффективности, а систему математических ограничений составлять из линейных уравнений, характеризующих технико-эксплуатационные особенности пропускной способности терминала по альтернативным технологическим схемам. Решением задачи математического программирования будут искомые величины, представляющие собой оптимальный план (грузовую базу) перевалки по видам грузов в рассматриваемом календарном периоде, в течение которого действительны ограничительные факторы пропускной способности и тарифная политика терминала.

Исходя из вышесказанного, оптимальное управление грузовой базой морских не-

фтеналивных терминалов по видам груза заключается в установлении квот на перевалку видов груза, равных найденному при помощи математического программирования оптимальному плану.

Клиентами морских нефтеналивных комплексов могут выступать грузовладельцы, грузоотправители, грузополучатели, транспортные экспедиторы или другие посредники. Ключевая роль клиентов в формировании доходов терминалов предопределяет необходимость регулярного экономического анализа их состояния для принятия руководством нефтеперевалочных компаний своевременных управленческих решений в области договорной политики и приоритетов при распределении грузовых квот. В частности, менеджмент нефтеналивных терминалов более всего интересует информация о ликвидности, надежности деловых связей и стратегических планах клиентов. Информация о стратегических намерениях и проектах контрагентов зачастую носит неформализованный характер и может быть оценена сторонними наблюдателями по открытым публикациям и прочим источникам достаточно субъективно. Финансовая сторона их деятельности, напротив, может быть проанализирована с достаточной степенью достоверности.

Методики анализа финансовой надежности предприятий подробно рассматриваются авторами таких работ, как [3; 10 и др.]. В целом они сводятся к анализу финансового состояния исходя из данных публичной финансовой отчетности и оперируют такими понятиями, как «ликвидность», «платежеспособность», «кредитоспособность» и «финансовая устойчивость». Для нефтеналивных терминалов в силу исключительно хозяйственно-договорных отношений со своими клиентами индикатором их финансовой надежности целесообразно принять их ликвидность как характеристику способности своевременно исполнять обязательства по оплате оказанных услуг согласно заключенным договорам. Традиционные методики оценки ликвидности включают три этапа: 1) анализ ликвидности бухгалтерского баланса; 2) анализ абсолютных показателей ликвидности; 3) анализ относительных показателей ликвидности (финансовых коэффициентов). Данные методики хорошо зарекомендовали себя в практической деятельности и могут быть рекомендованы для решения задачи оптимизации клиентской базы морских нефтеналивных терминалов.

Таким образом, оптимальное управление грузовой базой морских нефтеналивных терминалов по клиентам заключается в приоритетном распределении грузовых квот между предприятиями, обладающими удовлетворительной ликвидностью по результатам анализа публикуемой финансовой отчетности.

На современном этапе развития мировой торговли углеводородами и нефтетранспортной отрасли ужесточается конкуренция между транспортными коридорами за грузопотоки. Указанные в табл. 1 морские порты и относящиеся к ним нефтеналивные терминалы являются входными пунктами сети панъевропейских и евроазиатских мультимодальных транспортных коридоров, проходящих через территорию России. Существуют четыре укрупненных мультимодальных коридора транспортировки экспортной и транзитной нефти через территорию России (каспийско-черноморско-средиземноморский, северобалтийский, центральноевропейский и восточносибирский) и два основных мультимодальных маршрута транспортировки нефтепродуктов (северный — в Польшу и Германию и южный — на нефтеперерабатывающие заводы Чехии, Словакии, Венгрии и стран бывшей Югославии). Грузовладелец при принятии решения в пользу конкретного маршрута транспортировки в рамках соответствующего мультимодального транспортного коридора (а значит, в пользу услуг конкретного морского нефтеналивного комплекса) руководствуется такими критериями, как общая себестоимость перевозки по маршруту, сроки доставки, пропускная способность, надежность и бесперебойность перевозки, гарантии сохранности количества и качества груза и др. Данные производственные, экономические и коммерческие показатели конкурентоспособности транспортных маршрутов определяются эффективностью работы нефтетранспортных предприятий. Значит, для поддержания имеющихся и привлечения дополнительных объемов грузов нефтеналивным терминалам

следует принимать меры по сокращению себестоимости своих услуг, повышению их надежности, уменьшению потерь груза, более четкому соблюдению согласованных сроков отгрузки, расширению пропускной способности и т. д.

Однако, кроме названных внутренних факторов нефтетранспортной отрасли, на объем перевозок нефти по тому или иному маршруту (а следовательно, и на размер и состав грузовой базы нефтеналивных терминалов) также оказывают влияние внешние факторы, находящиеся вне контроля транспортных и нефтеперевалива́ющих предприятий, а именно: конкурентные условия добычи и переработки нефти, колебания рыночного спроса на нефтересурсы, меры государственного регулирования экспорта (прежде всего размер экспортных пошлин) и иные административные ограничения, геополитические факторы, технико-экономические особенности смежных видов транспорта, специфические условия и надежность обслуживающих грузопоток компаний (транспортно-экспедиторских, агентских и т. п.), сезонные факторы. Ввиду отсутствия возможности каким-либо образом влиять на данные внешние факторы, оптимальное управление грузовой базой по обслуживаемым грузопотокам состоит в приспособлении к изменяющимся внешним условиям и принятии оперативных решений в рамках установленных грузовых квот о приоритетном привлечении одних и отказе от обслуживания других грузопотоков в зависимости от стабильности их функционирования и направленности динамики развития. Олигополистическое (а в ряде случаев монополистическое) положение, занимаемое морскими нефтеналивными комплексами на рынке нефтеперевалочных услуг, делает подобную управленческую стратегию возможной и целесообразной.

Характер и сила влияния внешних факторов на грузопоток изменчивы во времени, поэтому объем каждого отдельно взятого грузопотока является динамической величиной. Из этого вытекает необходимость проведения анализа складывающейся динамики обслуживаемых грузопотоков и оценки перспектив их будущего развития.

Основными научными методами анализа и прогнозирования динамики экономических процессов являются статистический анализ, факторный анализ и экспертная оценка.

С точки зрения статистики объемы перевалки нефтеналивного терминала за определенный период времени, сгруппированные по обслуживаемым грузопотокам, представляют собой статистические ряды. Данные статистические ряды в свою очередь могут рассматриваться как ряды распределения и как временные ряды.

Статистические методики анализа рядов распределения исследованы в таких трудах, как [5; 7 и др.]. При их применении к исследованию изменений объемов грузопотоков можно определить их статистически наиболее вероятные объемы, границы колебаний и возможные отклонения от рассчитанных вероятных объемов. Данные методики хорошо характеризуют вариации объемов грузопотоков в статике, но не позволяют определить будущие изменения. Решить данную проблему призваны методики статистического анализа временны́х рядов.

Применение методик статистического анализа временны́х рядов для прогнозирования динамики экономических процессов предлагается в целом ряде работ отечественных и зарубежных авторов, например в [1; 2 и др.]. Данные методы заключаются в выделении двух основных элементов динамики — тенденции и колеблемости, определении количественных характеристик этих элементов и статистической экстраполяции тренда. В литературе по анализу временны́х рядов в качестве одного из ключевых условий, при которых аналитическая экстраполяция тренда является надежным методом прогнозирования, отмечается, что объектом прогнозирования должны выступать крупные системы и объекты, обладающие большой инерционностью развития. Анализ, проведенный автором данной статьи, показывает, что грузопотоки нефти и нефтепродуктов, проходящие через морские нефтеналивные комплексы, весьма разнообразны. Инерционность некоторых, наиболее стабильных из них, может быть достаточно высокой, обеспечивающей применимость трендовой экстраполяции, в то время как другие грузо-

вые потоки могут быть менее устойчивы и им бывают свойственны существенные изменения во времени в зависимости от сочетания влияющих внешних и внутренних факторов детерминации. Таким образом, надежность прогнозирования по методу статистической трендовой экстраполяции объемов отдельно взятых грузопотоков, обслуживаемых нефтеналивными терминалами (в отличие от прогнозирования суммарного грузопотока, состоящего из массы индивидуальных грузовых потоков), теоретически не доказана, что требует привлечения других обоснованных методик оценки их будущей динамики.

Методы факторного анализа предполагают введение в модели грузопотоков факторов, отражающих причинно-следственные взаимосвязи в прогнозируемых процессах. Данные методы рассматриваются в [11; 12] и других работах. Главным инструментом факторного анализа служит эконометрическая модель. Она выступает в качестве средства анализа и прогнозирования грузопотоков на основе накопленной статистической информации. В качестве основных методов построения эконометрических моделей факторный анализ использует инструменты корреляционно-регрессионного анализа.

Главный теоретический недостаток методики факторного анализа носит общий характер и заключается в том, что эконометрическая модель — это модель вариации уровня показателя в статической совокупности, и эта модель объясняет не изменения грузопотоков во времени, а их различия среди совокупности аналогичных грузовых потоков в данный период. В качестве второго недостатка методики факторного анализа применительно к анализу и прогнозированию грузопотоков нефти и нефтепродуктов следует отметить тот факт, что ни в одну эконометрическую модель грузопотока невозможно включить все факторы, влияющие на его объем. Часть факторов (например, административные ограничения добычи, переработки и транспортировки нефти) менеджменту нефтеналивного терминала может быть достоверно неизвестна, другая часть факторов (таких как себестоимость добычи, переработки и транспортировки нефти и ценовые условия конкретных экспортных контрактов) теоретически известна, но на практике по ним нет достаточно надежной информации, третью группу факторов (например, факторы политики) невозможно измерить количественно и включить в уравнение регрессии по математическим ограничениям.

Для количественной оценки процессов или явлений, не поддающихся непосредственному измерению, применяются методы экспертных оценок. Они играют существенную роль при принятии широкого круга таких управленческих решений, как ранжирование целей, прогнозирование альтернатив и их следствий, а значит, могут быть также применены к прогнозированию динамики грузопотоков. В практике работы нефтеналивных терминалов обычно применяется специфическая форма дельфийского метода экспертных оценок. Функции оценивающих экспертов при этом исполняют представители высшего руководства нефтеперевалочного предприятия, консенсусное решение которых по распределению перевалочных квот между грузоотправителями и направлениями отгрузки выступает в качестве аналога коллективной экспертной оценки будущей динамики грузопотоков. Отсутствие независимости экспертов при подобной форме оценивания ведет к субъективизму и возможностям злоупотреблений со стороны лиц, принимающих решения. Для устранения возможности злоупотреблений требуется привлечение к оценке независимых экспертов. Однако и в этом случае метод экспертных оценок имеет ряд недостатков, не позволяющих в полной мере применять его для решения задачи оптимизации грузовой базы по грузопотокам. Основным общим недостатком данного метода является его ориентированность на мнение большинства, что, с одной стороны, не обязательно отражает объективные тенденции в анализируемом процессе, а с другой — технически приводит к конформизму экспертов, их стремлению попасть в большинство. Кроме того, на организацию экспертного опроса и анализ результатов требуется много времени, что делает данный метод наиболее подходящим для стратегического планирования, но малопригодным для оперативного анализа и прогнозирования динамики грузопотоков.

На основе проведенного в настоящей статье анализа можно сделать вывод о научной обоснованности и адекватности методики оптимального математического программирования и методики оценки ликвидности к решению задачи оптимизации грузовой базы морских нефтеналивных терминалов по видам груза и клиентам и об ограниченной применимости с теоретической и практической точек зрения методик статистической экстраполяции, факторного анализа и экспертной оценки к решению задачи оптимизации грузовой базы морских нефтеналивных терминалов по обслуживаемым грузопотокам.

Последнее обстоятельство ставит перед исследователем проблему поиска новых методик оптимизации и прогнозирования грузовой базы морских нефтеналивных терминалов по обслуживаемым грузопотокам, обоснованных теоретически и имеющих практическую ценность, которые могли бы дополнить существующие оптимизационные методики и компенсировать имеющиеся у них недостатки.

Список литературы

1. *Андерсон Т.* Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон; пер. с англ. И. Г. Журбенко и В. П. Носко; под ред. Ю. К. Беляева. — М.: Мир, 1976. — 757 с.

2. *Афанасьев В. Н.* Анализ временны́х рядов и прогнозирование: учебник / В. Н. Афанасьев, М. М. Юзбашев. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 228 с.: ил.

3. *Бочаров В. В.* Комплексный финансовый анализ / В. В. Бочаров. — СПб.: Питер, 2005. — 432 с.: ил. — (Сер. «Академия финансов»).

4. *Винников В. В.* Экономика предприятия морского транспорта (экономика морских перевозок): учеб. для вузов водного транспорта / В. В. Винников. — 2-е изд., перераб. и доп. — Одесса: Латстар, 2001. — 416 с.

5. *Гусаров В. М.* Статистика: учеб. пособие для вузов / В. М. Гусаров. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 463 с.

6. *Давыденко А. А.* Нефтеналивные и газовые терминалы. Новостройки / А. А. Давыденко // Морские порты. — 2009. — № 8 (79).

7. Методы математической статистики в обработке экономической информации: учеб. пособие / Т. Т. Цымбаленко, А. Н. Байдаков, О. С. Цымбаленко [и др.]; под ред. Т. Т. Цымбаленко. — М.: Финансы и статистика; Ставрополь: АРГУС, 2007. — 200 с.

8. *Пелих А. С.* Экономико-математические методы и модели в управлении производством / А. С. Пелих, Л. Л. Терехов, Л. А. Терехова. — Ростов н/Д: Феникс, 2005. — 248 с. — (Высшее образование).

9. *Шелобаев С. И.* Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: учеб. пособие для вузов / С. И. Шелобаев. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 367 с.

10. *Шеремет А. Д.* Методика финансового анализа / А. Д. Шеремет, Р. С. Сайфулин, Е. В. Негашев. — М.: ИНФРА-М, 2000. — 208 с.

11. Эконометрика: учебник / под ред. И. И. Елисеевой. — М.: Проспект, 2010. — 288 с.

12. Эконометрика: учебник / Н. П. Тихомиров, Е. Ю. Дорохина. — М.: Изд-во «Экзамен», 2003. — 512 с.

13. Экономика предприятий нефтяной и газовой промышленности: учебник / В. Ф. Дунаев [и др.]; под ред. В. Ф. Дунаева. — М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2006. — 352 с.

14. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: утв. Распоряжением Правительства Рос. Федерации от 13 нояб. 2009 г. № 1715-р [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://minenergo.gov.ru/activity/energostrategy

Научное издание

Журнал университета водных коммуникаций

Выпуск 2 (10)

2011 год

Материалы публикуются в авторской редакции
Выпускающий редактор *Е. А. Монахова*
Дизайнер *С. В. Курбатов*
Технический редактор *М. Н. Евсюткина*
Набор *Ю. А. Курицына*
Корректор *О. В. Миняева*

Подписано в печать с оригинал-макета 28.06.11. Формат 60х90/8
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 25,2. Тираж 500 экз. Заказ № 101
Отпечатано в типографии ФГОУ ВПО СПГУВК
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2