

SPECIFIC FEATURES OF APPLYING THE LEAN PRODUCTION TOOLS ON SHIP-REPAIR YARDS

A. V. Dektyarev^{1,2}, V. N. Morozov¹

¹ — Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russian Federation

² — Joint Stock Company «PSZ «Yantar», Kaliningrad, Russian Federation

The features of using the lean manufacturing tools in the ship repair industry are examined in the paper. The object of research is lean manufacturing in ship repair. The subject of the research is the lean manufacturing tools, methods and features of their application in the ship repair industry. The aim of the work is to study the features of ship repair for the lean manufacturing tools implementation. The objectives of this paper include the study of the distinctive characteristics of the ship repair industry from the standpoint of lean production and scientific organization of labor, the study of the experience of other shipyards in lean ship repair, the study of the concept of ideal ship repair from the standpoint of lean production. The main methods for solving the tasks set include the use of the benchmarking tool and the analysis of literature sources to systematize data on the lean manufacturing tools implementation at shipyards; observations, surveys, questionnaires, as well as experience in the shipbuilding industry, in particular, in the management for the development of the production system. The shipyards of the USA and Japan are examined; the applied tools of lean production and their connection with the increase in labor productivity, savings in finances and labor costs, as well as the difficulties in their development and distribution are shown in the paper. Lean production, the foundations of which were laid in the scientific organization of labor, is more focused on rhythmic conveyor production, and is not used in full in the ship repair industry. The applicability of the lean manufacturing tools can be different not only depending on the industry, but also from enterprise to enterprise in one field of activity. In contrast to lean production, in the scientific organization of labor, based on the peculiarities of ship repair activities, some waste was allowed.

Keywords: lean, production system, ship repair, shipbuilding, shipyards, scientific labor organization, benchmarking, waste, management, production organization management.

For citation:

Dektyarev, Alexander V., and Vladimir N. Morozov. "Specific features of applying the lean production tools on ship-repair yards." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.5 (2021): 710–722. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-710-722.

УДК 658.5

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СУДОРЕМОНТНЫХ ВЕРФЯХ

А. В. Дектярев^{1,2}, В. Н. Морозов¹

¹ — ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Российская Федерация

² — АО «ПСЗ «Янтарь», Калининград, Российская Федерация

В статье рассмотрены особенности применения инструментов бережливого производства в отрасли судоремонта. Предметом исследования являются инструменты бережливого производства, а также методы и особенности их применения в судоремонтной отрасли. Целью работы служит изучение особенностей судоремонта для внедрения инструментов бережливого производства. К задачам данной статьи относятся исследование отличительных характеристик судоремонтной отрасли с позиций бережливого производства и научной организации труда, исследование опыта других верфей в области бережливого судоремонта, а также концепции идеального судоремонта с позиций бережливого производства. Основные методы решения поставленных задач включают следующие вопросы: применение инструмента бенчмаркинга и анализ имеющихся публикаций на эту тему для систематизации данных о внедрении инструментов бережливого производства на судоремонтных верфях; наблюдения, опросы, анкетирование, а также опыт работы в судостроительной отрасли, в частности, в управлении по развитию производственной системы. Рассмотрены судоремонтные верфи США и Японии, показаны применяемые инструменты бережливого

производства и их связь с повышением производительности труда, экономией финансов и трудовых затрат, а также сложности в их освоении и распространении. Отмечается, что бережливое производство, основы которого были заложены в научной организации труда, в большей степени направлено на ритмичное конвейерное производство и в судоремонтной отрасли применяется не в полном объеме. Подчеркивается, что степень применимости или использования инструментов бережливого производства может быть разной не только в зависимости от отрасли, но и от предприятия к предприятию одной сферы деятельности. В отличие от бережливого производства, в научной организации труда, базирующейся на особенностях судоремонтной деятельности, допускалось наличие некоторых потерь.

Ключевые слова: бережливое производство, производственная система, судоремонт, судостроение, верфи, научная организация труда, бенчмаркинг, потери, менеджмент, управление организацией производства.

Для цитирования:

Дектярев А. В. Особенности применения инструментов бережливого производства на судоремонтных верфях / А. В. Дектярев, В. Н. Морозов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 5. — С. 710–722. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-710-722.

Введение (Introduction)

Судоремонт играет важнейшую роль в жизненном цикле судна, продлевая срок выполнения его функциональных характеристик. Уникальный формат отрасли судостроения, где зачастую изготавливаются суда с отличительными друг от друга параметрами, снижает прогнозирование процесса судоремонта. Вместе с тем область судоремонта в Российской Федерации, хоть и достаточно медленно, но развивается [1]–[4] и имеет перспективы к дальнейшей модернизации как с позиции внедрения новых информационных технологий индустрии 4.0 [5], [6], так и при оптимизации методов управления производством и развитии производственной системы (ПС) [7, 8]. В течение последних десятилетий многие верфи добились значительных успехов в вопросах внедрения бережливого производства (БП). Примером может служить строительство верфей Китая [9], Бразилии [10], Сингапура [11], Португалии [12], Турции [13], Пакистана [14] и др. Однако ремонт и техническое обслуживание судов принципиально отличаются от их строительства. Непрогнозируемый или стохастический характер ремонта и обслуживания судов требует иной стратегии реализации внедрения инструментов БП. В настоящее время применение принципов БП в судоремонте носит экспериментальный характер.

Целью данной статьи является исследование особенностей судоремонта для внедрения инструментов БП. Отличительные характеристики судоремонтной деятельности рассматриваются с позиций научной организации труда (НОТ) и БП, применяется инструмент *бенчмаркинг* к судоремонтным верфям, осуществляющим внедрение БП. В статье описаны применяемые инструменты, а также концепция идеального судоремонта с позиции БП.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в систематизации и обобщении данных мировых исследований в области БП, что может оказать помощь предприятиям, развивающим у себя производственные системы (ПС) на основе БП.

Методы и материалы (Methods and Materials)

В качестве методов и материалов используются инструмент *бенчмаркинг*, анализ имеющихся на эту тему публикаций, опыт работы в судостроительной отрасли, наблюдения, опросы и анкетирование. В качестве примеров развития БП в судоремонтной деятельности рассмотрены военные структуры ВМФ США в процессе ремонта кораблей типа авианосцев USS John F. Kennedy (CV67) на верфи Atlantic Marine Mayport [15], [16] и USS George Washington (CVN-73) в SRF-JRMC (судоремонтный завод ВМС США и японский региональный центр технического обслуживания — База вооруженных сил США в Йокосуке, Япония) [17], а также на верфях Todd Pacific Shipyards [16], Puget Sound Naval Shipyard [18], [16], MA-RMC (Среднеатлантический региональный центр технического обслуживания), Norfolk Naval Shipyard [19]. При этом PSNS и NNSY относятся к NAVSEA (командование военно-морскими системами), также внедряющим методы БП [19]; приводятся сведения об успехах бережливого судоремонта (БС) на японской верфи IHI в Йокогаме [16].

Результаты (Results)

На верфи Atlantic Marine БП применялось в электрическом, изоляционном, такелажном и ремонтном цехах, на верфи Puget Sound Naval Shipyard — в мастерской по ремонту шаровых кранов и автоматических выключателей и отделе по проверке качества. Были применены такие инструменты БП, как 5С, визуализация, вытягивающая система, стандартизация, картирование потока создания ценности. Это позволило увеличить пропускную способность, снизить транспортные расходы и уменьшить общее количество потерь. Внедрение БС в Atlantic Marine при расчете на одного рабочего позволило увеличить производительность труда (ПТ) на 30 % в модельной линии изготовления понтонов и на 33 % увеличить рабочее пространство для непрерывного потока и дополнительных площадей для работы, а также снизить транспортные расходы на 25–31 %. На верфи Puget Sound Naval Shipyard работы по внедрению БП позволили улучшить безопасность рабочих мест вследствие устранения беспорядков и ремонта испытательного оборудования. Система 5С позволила выявить восемьдесят неиспользуемых предметов в рабочей зоне мастерской по ремонту автоматических выключателей. Также на 81 % уменьшилось расстояние, преодолеваемое механиками в процессе судоремонта, на 20 % — время, затрачиваемое на перемещение деталей, на 20 % улучшилось использование производственных площадей, на 90 % сократилось время выполнения заказа.

На верфи Norfolk Naval Shipyard были объединены в единую методологию под названием «бережливая сигма» — Lean Sigma (рис. 1) [19] основные принципы теории ограничений, БП и шести сигм: *определение*: определение проблемы: определение объема / границ, определение аргументов в пользу действий, определение заказчика, определение финансирования; определение ценности для заказчика; определение целевых показателей; определение стратегии; *фиксация*: расстановка приоритетов: описание ситуации, расстановка приоритетов по важности и возможностям; выделение ресурсов: получение поддержки руководства, создание рабочей группы, разработка документации по проекту; *характеристика*: определение того, что реально сделать; измерение фактических данных; разработка общей текущей картины: идентификация потенциальных причин, идентификация решений для улучшений, обобщение и расстановка приоритетов решений, планирование улучшений; *улучшение*: сокращение потерь: семинары по БП, оптимизация текущей карты потока создания ценности, снижение вариативности / стандартизация; проведение пилотных испытаний: тестирование, подтверждение данных; *реализация*: обучение и развертывание: обучение персонала, развертывание улучшений; внедрение средств контроля; документирование изменений / стандартизация; оценка и корректировка; *завершение*: обновление приоритетов; планирование следующих действий: на краткосрочную перспективу, на долгосрочную перспективу; освещение успехов / публикации; обмен знаниями: введение документации по проектам, систематизация опыта ведения проекта / фиксация успехов и неудач. Данная методология учитывает различия в процессах между частной верфью, ориентированной на прибыль, и верфью, управляемой государством.

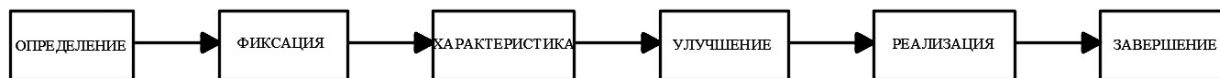


Рис. 1. Жизненный цикл «бережливой сигмы»

В SRF-JRMC методы БП были внедрены в процессы калибровки испытательного оборудования при ремонте атомного авианосца USS George Washington (CVN-73). Внедрение БП привело к снижению времени выполнения заказа на 68 % (с 53 до 16 дней), ежегодному сокращению затрат на калибровку в 3 тыс. раб. ч, устранению 26 ненужных шагов, повышению общей ПТ на 11,25 %.

После изначального проведения картирования потока создания ценности, в процессе которого было определено, что значительное время затрачено на переходы (305 м), в потоке имеются шаги, не приносящие добавленной стоимости (26 из 47), средний 53-дневный оборот выполнения калибровки имеет 44 дня ожидания, на участке имеется более 200 неиспользуемых стандартных калибраторов, которым требуется около 1 тыс. ч для того, чтобы оставаться в активном состоянии посредством регулярной калибровки. После инструмента диагностики были применены инструмен-

ты для решения проблем (5 Почему, FMEA) в результате которых были выполнены работы (рис. 2), которые привели к ранее указанным параметрам роста ПТ.

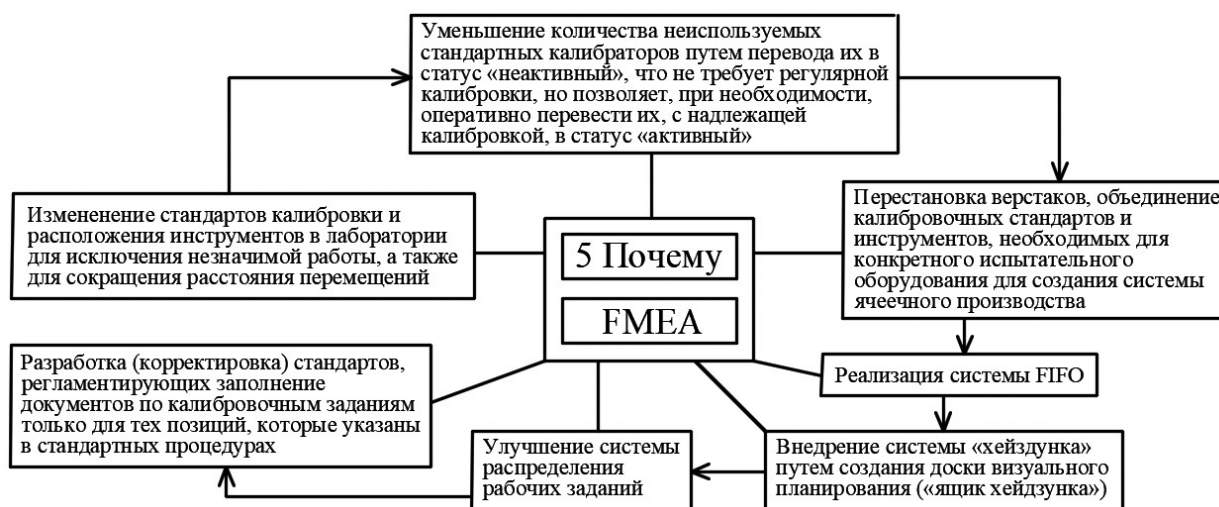


Рис. 2. Работы по оптимизации судоремонта на верфи SRF-JRMC

Особенностью БС на верфи ИНИ является интегрированная система оценки, планирования, составления графиков и исполнения, включающая линейную организационную структуру в сочетании со стандартизированной работой и философией кайдзен. Организационная структура ИНИ разработана таким образом, что после того как менеджер завершает работы по оценке и планированию, его назначают руководителем группы для управления ремонтными работами. Такая параллельная структура обеспечивает плавный переход от планирования к исполнению. В подобных системах сотрудник работает над проектом на всех этапах его жизненного цикла. Работа спланирована таким образом, чтобы на предприятии работа шла непрерывно.

Планирование также основано на концепции, согласно которой один человек работает непрерывно, не перемещаясь, сочетая при этом различные виды работ. Работа ведется путем пакетирования, т. е. один и тот же тип работы назначается в одной и той же области одному и тому же сотруднику. Это позволяет минимизировать передвижения и создать постоянную рабочую нагрузку для каждого сотрудника, одновременно сводя к минимуму привлечение других рабочих мест. Благодаря японскому опыту БС была разработана модель внедрения БП в судоремонтную деятельность (рис. 3) [16].

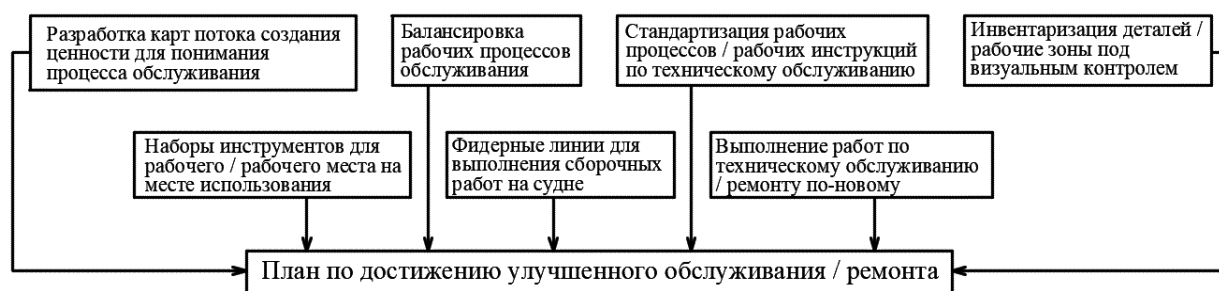


Рис. 3. Модель реализации БП при ремонте и обслуживании судов

Фундаментом для ремонта и обслуживания судов, согласно данной концепции, являются инструменты по стабилизации процессов на предприятии, включающие в себя 5С, стандартизированную работу, ТРМ и шесть сигм. Следующим элементом модели является поток создания ценности, отвечающий за бесперебойный поток материалов и деталей для ремонта и интеграцию поставщиков для обеспечения своевременной доставки продукта заказчику. Третьим элементом

является *философия кайдзен*, согласно которой любой работник может подать предложение по улучшению через руководителя. Также, постоянное совершенствование включает переоценку процессов и процедур через регулярные промежутки времени.

Менеджмент верфи Todd Pacific Shipyards в результате социального взаимодействия внутри БП позволил установить, что ключевую роль во внедрении БП играют не инструменты БП, а люди — человеческие ресурсы предприятия, что послужило основой для реализации следующих принципов: «Люди — это ключ», «Извлечение уроков из всего, что мы делаем», «Создание больших возможностей для людей и через людей», «Стандартизированные системы и ориентированность на процессы» и др. Таким образом, было принято решение обучать людей непосредственно практике на рабочем месте, прежде всего, с использованием *принципа PDCA*. Кроме того, опыт внедрения БП на данной верфи показал важность последовательных мер по внедрению сверху вниз. В результате на верфи Todd Pacific Shipyards были зафиксированы следующие данные, свидетельствующие о сокращении времени: обработка заказов — 96 %, ремонт труб — 67 %, сборка конструкций — 44 % и др.

NAVSEA внедряет свою ПС на основе использования следующих инструментов: управление изменениями, модели оценки, анализ потока создания ценности, мозговой штурм, взаимовыгодные соглашения, расстановка приоритетов, пять причин, теория ограничений, вытягивающая система, анализ первопричин, управление цепочкой, управление проектами, критическая цепь, семь инструментов управления и планирования, анализ пропускной способности, диаграммы тактов, инструменты анализа процессов и данных, шесть сигм, принципы БП.

Среднеатлантический региональный центр технического обслуживания MA-RMC интегрирует методы БП в свою ПС, в первую очередь посредством мероприятий управленческой стратегии кайдзен, которые в MA-RMC называются *семинарами по БП (LIW)*. Одна из слабых сторон подхода LIW в MA-RMC состоит в том, что ремонтные центры постоянно находятся под графиком и планом выпуска продукции и физически не могут остановить производство (например, на неделю) для проведения мероприятий по системе кайдзен. Это побуждает к выбору областей для внедрения улучшений, которые не являются «узкими местами» для всего потока производства. Следовательно, даже при успешности LIW и повышении эффективности отдельно взятой области значительного влияния на организацию в целом оказано не будет.

Для того, чтобы показать подготовительные и последующие действия, необходимые для успешного проведения практического семинара, в MA-RMC была разработана схема проведения LIW (рис. 4) [19], состоящая из четырех этапов: I этап — оценка, II этап — границы процесса, III этап — проведение семинара, IV этап — следование.

I	II	III	IV
Оценка	Границы процесса	Проведение семинара	Следование
* Оценка возможностей: - продукции и потока - процессов - оборудования - уровня спроса * Проверка готовности: - потребности в улучшении - энтузиазма/вовлеченности - культуры производства	* Управленческое образование и ожидания: - цель и процесс - желаемые результаты * Отбор команды: - представители процесса - основные заинтересованные стороны * Подробный план и сбор данных	* Обучение принципам бережливого производства * Анализ процесса при помощи пошагового руководства * Обучение ступеням непрерывного потока * Применение на выбранном процессе * Видение области и процесса * Отработка назначенных планов	* Прохождение по области/территории * Завершение активных действий * Решение проблем и конфликтов * Сохранение импульса и внимания * Планирование следующего семинара

Рис. 4. Четыре этапа проведения практического семинара по бережливому усовершенствованию

В результате LIW были достигнуты показатели относительно изготовления двигателей, основанные на сокращении времени, повышении ПТ, понижении контрактной стоимости (рис. 5, а), а также ежемесячной экономии трудозатрат (на рис. 5, б) [19].

а)



б)



Рис. 5. Результаты оптимизации процесса изготовления двигателей (а), ежемесячная экономия трудозатрат (б)

При этом необходимо отметить, что на период начала 2000-х гг. стоимость проведения семинаров по теории бережливой сигмы составляла 52 800 долл. Однако, несмотря на стоимость программы, в МА-RMC была рассчитана ежемесячная прогнозируемая экономия 23 500 долл., и, следовательно, срок ее окупаемости составил 2,25 мес.

Обсуждение (Discussion)

НОТ в судостроительной отрасли представляет собой совокупность организационных, технических и санитарно-гигиенических мероприятий, обеспечивающих наиболее целесообразное использование рабочего времени, производственных навыков и творческих способностей каждого сотрудника, устранение тяжелого физического труда и неблагоприятных условий работы. С позиции НОТ можно выделить следующие особенности судоремонта:

- высокую экономическую эффективность сокращения сроков стоянки судов в ремонте по сравнению с другими экономическими факторами;
- необходимость обеспечения высокой надежности судоремонтной продукции, что в конечном итоге ведет к удлинению межремонтных периодов судов;

- индивидуальный характер судоремонтного производства;
- необходимость в особой планировке рабочих мест, их универсальности [20], [21].

Целью НОТ является непрерывное совершенствование организации производства и управления им, а также развитие социального, технического, организационного и психолого-физиологического факторов, которые в совокупности обеспечивают постоянный рост ПТ. Необходимо отметить, что НОТ направлена на рост ПТ без увеличения физической нагрузки работника [22] и это является ее главным отличием от концепций БП и оригинальной производственной системы (ПС) «Тойота». Именно управление человеческими ресурсами в виде эксплуатации работников служит одним из главных недостатков БП [23]–[25], при этом важнейшей особенностью НОТ является максимальная эффективность труда людей при минимальных затратах человеческой энергии и всех видов материальных средств [20].

В настоящее время ПС практически любого предприятия направлена на устранение всех видов потерь на каждом этапе жизненного цикла выпускаемой продукции при помощи инструментов БП, которые в большинстве были разработаны на основе концепции ПС концерна «Тойота». Особенностью структурной организации судоремонтных заводов и их системы управления, в отличие от БП НОТ, является наличие следующих видов потерь в судоремонте:

1. *Лишние движения.* Рабочие должны к началу рабочего дня явиться не на ремонтируемый объект, а в цех для табельного учета, получения ежедневных заданий, материалов, инструментов, а также для переодевания в рабочую форму. После этого происходит переход на сам ремонтируемый объект и возвращение с него в конце смены.

2. *Ожидания.* У рабочих при проведении ремонтных работ на судне часто возникает необходимость в получении указаний от мастера для решения спорных вопросов с командой судна. Также возникают простои при сдаче конструкций мастерам отдела управления качеством, представителям Регистра или военной приемки.

3. *Ненужная транспортировка.* При ремонте детали и узлы, извлекаемые из судов, необходимо перевозить в производственные цеха, а после завершения ремонта — подавать их обратно. С учетом крайне изменчивого характера ремонта задача перепроектирования расположения цехов ближе к объектам строительства становится практически невыполнимой.

4. *Излишние запасы.* В судоремонте определено понятие «нулевого запаса», означающее предварительную заготовку заводом конструкций, деталей, узлов и механизмов до постановки судна на ремонт. В случае отсутствия нулевого запаса при помощи изделий незавершенного производства проводятся работы, которые можно выполнить в данный момент.

5. *Избыточная обработка.* После разборки и дефектации механизмов появляется необходимость в станочной обработке или изготовлении новых деталей, что обуславливает необходимость выполнения комплекса модельных, кузнечных, термических, станочных, слесарных и других работ. Это ведет к нарушению непрерывности процесса слесарно-монтажных работ и к дальнейшей перестановке рабочих на другие работы.

Необходимо также отметить, что внедрение НОТ на советских судоремонтных предприятиях, состояло из последовательного выполнения трех этапов:

1-й этап — подготовка к внедрению: создание всей технической документации, приобретение нового оборудования, средств механизации, более высокопроизводительных инструментов, различного рода технического оснащения, дополнительных грузоподъемных средств и других мероприятий с одновременным проведением перепланировки в цехах, перестановки оборудования, изменения технологических маршрутов.

2-й этап — внедрение запланированных мероприятий: приспособление к новым условиям труда, применение новых нормативов, новой оснастки и инструмента.

3-й этап — контроль бесперебойного функционирования разработанной организации труда: расчет фактически достигнутой эффективности, устранение (при необходимости) недостатков новой организации управления производством [20].

Таким образом, из ранее изложенного следует, что становление НОТ невозможно без заранее подготовленных ресурсов, которые должны быть направлены на эффективное оборудование рабочего места. В случае с БП таких ресурсов нет изначально, однако предположение о том, что внедрение инструментов БП не требует затрат, является ошибочным.

Первоначально концепция ПС создавалась для производственной среды автомобилестроения с большим объемом и небольшим разнообразием продуктов. Концепция БП, появившаяся после ПС, имеет все ее основные характеристики. Выгода от внедрения БП в подобных производственных средах подтверждена результатами большого количества проведенных тематических исследований [26]–[28], однако внедрение БП в судостроение и тем более в судоремонт вызывает у многих исследователей сомнения [29]–[31], поскольку эта производственная среда отличается от конвейерного производства. Фактически производственная среда судостроения и судоремонта предполагает незначительные объемы при большом разнообразии продуктов [16]. Действительно, сравнивая концепции БП и НОТ, видно, что БП в большей степени направлено на ликвидацию физических и организационных потерь без замены оборудования и инструмента, тогда как НОТ направлена в большей степени на устранение потери творческого потенциала персонала за счет применения новых средств труда и рациональной организации производства с учетом психофизиологических особенностей работы в конкретной отрасли.

В современных ПС подобных аспектов управления человеческими ресурсами нет: безопасность и эргономичность рабочего пространства, о чем неоднократно упоминается при внедрении системы 5С, как правило, закладываются в момент проектирования рабочего места при разработке правил техники безопасности, охраны труда и др. Многие очевидные положительные аспекты для сотрудника в рамках развития ПС уже имеются в стандартах организации, положениях и иной организационно-технологической документации. В НОТ вопросы, связанные с физиологией и психологией труда судоремонтников, являются крайне важными, так как ограниченные их физические и психологические возможности требуют при проектировании трудовых процессов правильного и полного использования природных данных людей, приводящих к наибольшей результативности их труда при максимальном сохранении здоровья. Кроме того, из положений НОТ следует, что необходимо анализировать влияние окружающей среды и режима работы на психическое состояние работников [20].

Пример социального взаимодействия с сотрудниками в рамках внедрения БП, рассмотренный в [17], свидетельствует о том, что в результате повышения ПТ, вызванной применением инструментов БП, беспокойство работников вызывают потери сверхприбыльных сверхурочных часов, а также неуверенность в отказе от старых и привычных методов работы. Убеждение работников в том, что БП позволит им рационализировать свою работу без потери прибыли представляет собой достаточно трудную задачу, однако, в примере, рассмотренном в публикации [17], приведены аргументы, свидетельствующие о том, что рабочая нагрузка, а, следовательно, и заработная плата сотрудников, не снизятся.

Рассмотрим следующую математическую модель. Предположим, что рабочий трудится с эффективностью X на оборудовании, имеющем эффективность Y , получая за это заработную плату Z . Концепция БП свидетельствует о том, что рабочий может повысить свою эффективность до X^* за счет применения различных инструментов БП, работая на том же оборудовании Y и получая при этом ту же зарплату Z . Согласно НОТ, рабочий может повысить свою эффективность до X^* путем рационализации трудовых процессов, минимальной утомляемости, лучших физиологических условий труда, но работая на механизированном оборудовании с эффективностью Y^* . Однако, из-за перенормирования работ, возникает вопрос оплаты труда ($Z_{\text{НОТ}}$).

Нормирование с позиций НОТ служит для точной оценки затрат рабочего времени с учетом всех факторов, влияющих на ПТ при выполнении заданной работы. В концепции НОТ в судоремонте есть взаимоисключающие положения, согласно которым стимулирование труда в виде платы за него и различных видов поощрения составляет неотъемлемую часть НОТ, но при этом сокращение расхода заработной платы является обязательным условием эффективности проведения всех мероприятий по совершенствованию организации труда [20]:

$$\left. \begin{array}{ll} & X(Y) = 3; \\ \text{БП} & X \nearrow (Y) = 3; \\ \text{НОТ} & X \nearrow (Y \nearrow) = 3_{\text{НОТ}}. \end{array} \right\}$$

Поэтому вопрос повышения или снижения заработной платы можно рассматривать как со стороны организации, которая стремится к снижению затрат на изготовление продукции, и в частности, к уменьшению затрат труда, так и со стороны работников, для которых изменение размера заработной платы может оказать влияние на мотивацию, вовлеченность и другие психологические аспекты их трудовой деятельности.

Заключение (Conclusion)

Усиление конкуренции на рынке разнообразной продукции побудило менеджеров и ученых к созданию производственных концепций, таких как теория ограничений, БП, «шесть сигм» и др. Общей целью этих систем является повышение эффективности организации за счет рентабельности и увеличения прибыли. Несмотря на то, что все эти системы различаются в инструментах и методах организации управления производством, основы остаются практически идентичными: производить необходимый продукт, когда он нужен заказчиком, без ненужных вложений в капитал, людей или запасы. Все эти концепции составляют основу фундаментальной науки об управлении операциями [19].

Судоремонтная верфь как эталон БП должна быть хорошо организована, использовать визуальные схемы для обучения, организации и контроля ПТ и качества. На всех участках должны использоваться только значимые ресурсы, без запасов. Ремонтные мощности должны быть рассчитаны таким образом, чтобы поддерживать поток создания ценности. Качество должно являться неотъемлемой частью работы благодаря стандартизированной работе, потоку единичных деталей, контролю точности и производственному контролю. Выявленные и стандартизированные дефекты не должны передаваться вниз по потоку.

Основной вопрос, который вызывает беспокойство менеджеров ПС судостроительного или судоремонтного предприятия, состоит в том, будет ли ПС на верфях иметь такой же вид, как в процессе сборки автомобилей в компании «Тойота»? На основе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что оригинальные инструменты и концепция ПС «Тойоты» должны быть изменены и оптимизированы под структуру, организацию и иные характерные признаки конкретного предприятия. В судоремонте время такта, или интервал времени, по которому потребитель запрашивает готовую продукцию, не может быть рассчитано с точностью до секунд, нагрузка на рабочих не может быть идеально сбалансирована, система практически всегда будет лишь «вытягивающей», а количество сборочных линий — ограниченным.

Внедрение инструментов БП и создание ПС судоремонтной деятельности возможно, но при соблюдении следующего постоянного условия: *не все инструменты применимы к конкретному предприятию*. Необходим последовательный анализ каждого потока внутри цехов и подразделений, выявление «узких мест» и проблем. Зачастую решение проблем состоит не во внедрении инструментов БП, а в налаживании оптимальной и грамотной деятельности внутри и между подразделениями, в четком выполнении должностных инструкций и обязанностей. Необходима поддержка руководства, заключающаяся как в дополнительном финансировании тех цехов и подразделений, где внедряются инструменты БП, так и в демонстрации личного примера, мотивации и вовлеченности, экономии трат на аппарате управления и прочих издержках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аблаев Р. Р. Перспективы развития судостроения и судоремонта в Севастополе / Р. Р. Аблаев, Е. Е. Зубрилина, А. В. Михалев // StudNet. — 2021. — Т. 4. — № 1. — С. 120.

2. Костенко А. В. К вопросу о развитии судоремонтной отрасли Камчатского края / А. В. Костенко, Б. Н. Безлобенко // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития. — 2020. — № 1. — С. 23–27. DOI: 10.24411/9999-038A-2020-00005.
3. Пашеева Т. Ю. Судоремонт Мурманска: состояние и перспективы / Т. Ю. Пашеева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2021. — № 1. — С. 24–31. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-1-24-31.
4. Ли Н. О. Социально-экономические аспекты создания кластера судостроения и судоремонта в Калининградской области / Н. О. Ли, Д. Л. Сергеев // Вестник молодежной науки. — 2018. — № 2 (14). — С. 6.
5. Третьякова А. Н. Применение инновационных технологий в судоремонте / А. Н. Третьяков, А. В. Четин, Е. А. Чабанов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Второй международной научно-технической конференции. — Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2020. — С. 63–65.
6. Сергеев Д. Л. Внедрение инновационных технологий через кластерные механизмы в промышленности и транспорте / Д. Л. Сергеев // Инновационные технологии машиностроения в транспортном комплексе: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. ассоциации технологов-машиностроителей. — Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, 2020. — С. 324–332.
7. Пашеева Т. Ю. Повышение эффективности ремонта судов путем совершенствования технической подготовки судоремонтного производства / Т. Ю. Пашеева, Д. А. Пономаренко // Научные проблемы водного транспорта. — 2021. — № 66. — С. 53–61.
8. Сахаров В. В. Алгоритм принятия оптимальных решений в судоремонте с применением матрицы Крылова / В. В. Сахаров, А. А. Кузьмин, А. А. Чертков // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2014. — № 3 (25). — С. 81–89.
9. Ping-yu Y. The barriers to SMEs implementation of lean production and its countermeasures — based on SMEs in Wenzhou / Y. Ping-yu // Reform Strategy. — 2009. — Vol. 1. — Is. 1. — Pp. 148–151.
10. Primo M. A. Lean manufacturing implementation in time of crisis: the case of Estaleiro Atlântico Sul / M. A. Primo, F. L. DuBois, M. D. L. de Oliveira, E. S. D. M. Amaro, D. D. Moser // Production Planning & Control. — 2021. — Vol. 32. — Is. 8. — Pp. 623–640. DOI: 10.1080/09537287.2020.1747655.
11. Lai E. T. H. Barriers Affecting Successful Lean Implementation in Singapore's Shipbuilding Industry: A Case Study / E. Lai, F. Yun, I. Arokiam, I., J. Joo // Operations and Supply Chain Management: An International Journal. — 2020. — Vol. 13. — Is. 2. — Pp. 166–175. DOI: 10.31387/oscm0410260.
12. Carvalho M. Aplicação da Filosofia Lean na Gestão da Manutenção de uma Empresa de Reparação Naval / M. Carvalho, H. V. Navas // Livro de Atas do X Encontro de Investigadores da Qualidade: Qualidade, Investigação e Desenvolvimento. — 2019. — Pp. 157–172.
13. Bilgili L. An innovative six sigma and lean manufacturing approach for environmental friendly shipyard / L. Bilgili, D. Deli, U. B. Celebi // Green Design, Materials and Manufacturing Processes. — CRC Press, 2013. — Pp. 263.
14. Sanjrani A. N. Performance Improvement through Lean Systems Implementation: A Case of Karachi Shipyard and Engineering Works in Pakistan / A. N. Sanjrani, M. U. Khairpur, S. U. Abdi. — 2017. — 17 p.
15. Zilbershtein D. Southeast Section: Lean Manufacturing Principles in Repair of the USS John F. Kennedy (CV67) / D. Zilbershtein // Marine Technology and SNAME News. — 2004. — Vol. 41. — Is. 3. — Pp. 29.
16. Verma A. K. An integrated lean implementation model for fleet repair and maintenance / A. K. Verma, A. Ghadmode // Naval engineers journal. — 2004. — Vol. 116. — Is. 4. — Pp. 79–90.
17. Chircop J. It's a Matter of Time: Ship Servicers Use Quick Kaizen to Shorten Long Turnaround / J. Chircop // ASQ. — 2009. — November. — Pp. 1–5.
18. Liker J. K. What is lean ship construction and repair? / J. K. Liker, T. Lamb // Journal of Ship Production. — 2002. — Vol. 18. — Is. 03. — Pp. 121–142. DOI: 10.5957/jsp.2002.18.3.121
19. Murphy B. P. Applying lean manufacturing initiatives to naval ship repair centers: implementation and lessons learned. Thesis (S.M.). — Massachusetts Institute of Technology, 2004. — 58 p.
20. Коробцов И. М. Научная организация труда в судоремонте / И. М. Коробцов, Я. И. Рожинский. — М.: Издательство «Транспорт», 1971. — 134 с.
21. Горобец В. С. Совершенствование организации судоремонта в рыбной промышленности / В. С. Горобец. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 312 с.
22. Чайников К. Н. Общее устройство судов / К. Н. Чайников. — Л.: Судостроение, 1971. — 208 с.

23. Hines P. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking / P. Hines, M. Holweg, N. Rich // *International Journal of Operations & Production Management*.— 2004.— Vol. 24.— Is. 10.— Pp. 994–1011. DOI: 10.1108/01443570410558049.
24. Green S. D. The dark side of lean construction: exploitation and ideology / S. D. Green // *Proceedings IGLC-7: Seventh Conference of the International Group for Lean Construction*.— University of California, 1999.— Pp. 21–32.
25. Green S. D. The human resource management implications of lean construction: critical perspectives and conceptual chasms / S. D. Green // *Journal of Construction Research*.— 2002.— Vol. 3.— No. 01.— Pp. 147–165. DOI: 10.1142/S1609945102000114.
26. Sanders A. Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing / A. Sanders, C. Elangeswaran, J. P. Wulfsberg // *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*.— 2016.— Vol. 9.— Is. 3.— Pp. 811–833.
27. Garre P. Applying Lean in Aerospace Manufacturing / P. Garre, V. N. Bharadwaj, P. S. Shashank, M. Harish, M. S. Dheeraj // *Materials Today: Proceedings*.— 2017.— Vol. 4.— Is. 8.— Pp. 8439–8446. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.07.189.
28. Naim M. On Leanness, Agility and Leagile Supply Chains / M. Naim, J. Gosling // *International Journal of Production Economics*.— 2011.— Vol. 131.— Is. 1.— Pp. 342–354. DOI: 10.1016/j.ijpe.2010.04.045.
29. Phogat S. An introduction to applicability of lean in shipbuilding / S. Phogat // *International Journal of Latest Research in Science and Technology*.— 2013.— Vol. 2.— Is. 6.— Pp. 85–89.
30. Cooney R. Is “lean” a universal production system? Batch production in the automotive industry / R. Cooney // *International Journal of Operations & Production Management*.— 2002.— Vol. 22.— Is. 10.— Pp. 1130–1147. DOI: 10.1108/01443570210446342.
31. Boton C. Comparison of shipbuilding and construction industries from the product structure standpoint / C. Boton, L. Rivest, D. Forgues, J. R. Jupp // *International Journal of Product Lifecycle Management*.— 2018.— Vol. 11.— Is. 3.— Pp. 191–220. DOI: 10.1504/IJPLM.2018.094714.

REFERENCES

1. Ablayev, Remzi R., Ekaterina E. Zubrilina, and Aleksey V. Mikhalev. “Prospects for the development of shipbuilding and ship repair in Sevastopol.” *StudNet 4.1* (2021): 120.
2. Kostenko, A. V., and B. N. Bezlobenko. “To the question of the development of the ship repair industry of the Kamchatka region.” *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya vodnogo transporta: problemi i puti razvitiya* 1 (2020): 23–27. DOI: 10.24411/9999-038A-2020-00005.
3. Pasheeva, Tatyana Yu. “Shipbuilding in Murmansk: current start and future progress.” *Vestnik of Astrakhan state technical university. series: marine engineering and technologies* 1 (2021): 24–31. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-1-24-31.
4. Li, N. O., and D. L. Sergeev. “Socio-economic aspects of the creation of a shipbuilding and ship repair cluster in the Kaliningrad region.” *Vestnik molodezhnoy nauki* 2(14) (2018): 6.
5. Tretyakov, A. N., A. V. Chetin, and E. A. Chabanov. “Application of innovative technologies in ship repair.” *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya vodnogo transporta: problemy i puti razvitiya: Materialy Vtoroi mezhdunarodnoi nauchno-tekhnikeskoi konferentsii*. Petropavlovsk-Kamchatskii: Kamchatskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2020. 63–65.
6. Sergeev, D. L. “Vnedrenie innovatsionnykh tekhnologii cherez klasternye mekhanizmy v promyshlennosti i transporte.” *Innovatsionnye tekhnologii mashinostroeniya v transportnom komplekse. Materialy XI Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnikeskoi konferentsii assotsiatsii tekhnologov-mashinostroitelei*. Kaliningrad: Baltiiskii federal’nyi universitet imeni Immanuila Kanta, 2020. 324–332.
7. Pasheeva, Tatyana Yu., and Dmitry A. Ponomarenko. “Increasing the efficiency of vessel repair of technological preparation of shipyard production.” *Russian Journal of Water Transport* 66 (2021): 53–61.
8. Sakharov, V. V., A. A. Kuzmin, and A. A. Chertkov. “Adopting optimal decisions with application Krylov matrix algorithm in ship-repair companies.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(25) (2014): 81–89.
9. Ping-yu, Yang. “The barriers to SMEs implementation of lean production and its countermeasures—based on SMEs in Wenzhou.” *Reform Strategy* 1.1 (2009): 148–151.

10. Primo, Marcos AM, Frank L. DuBois, Maria de L. M. C. de Oliveira, Elidiane S. D. de M. Amaro, and Daniela D. N. Moser. "Lean manufacturing implementation in time of crisis: the case of Estaleiro Atlântico Sul." *Production Planning & Control* 32.8 (2021): 623–640. DOI: 10.1080/09537287.2020.1747655.

11. Lai, Edwin Tan Hock, Florence Ng Jia Yun, Ivan C. Arokiam, and John Heng Aik Joo. "Barriers Affecting Successful Lean Implementation in Singapore's Shipbuilding Industry: A Case Study." *Operations and Supply Chain Management: An International Journal* 13.2 (2020): 166–175. DOI: 10.31387/oscm0410260.

12. Carvalho, Maria, and Helena VG Navas. "Aplicação da Filosofia Lean na Gestão da Manutenção de uma Empresa de Reparação Naval." *Livro de Atas do X Encontro de Investigadores da Qualidade: Qualidade, Investigação e Desenvolvimento* (2019): 157–172.

13. Bilgili, Levent, D. Deli, and U. B. Celebi. "An innovative six sigma and lean manufacturing approach for environmental friendly shipyard." *Green Design, Materials and Manufacturing Processes*. CRC Press, 2013. 263.

14. Sanjrani, A.N., M. U. Khairpur, and Syed Umer Abdi. Performance Improvement through Lean Systems Implementation: A Case of Karachi Shipyard and Engineering Works in Pakistan. 2017.

15. Zilbershtein, Doron. "Southeast section: Lean Manufacturing Principles in Repair of the USS John F. Kennedy (CV67)." *Marine Technology and SNAME News* 41.3 (2004): 29.

16. Verma, Alok K., and Anand Ghadmode. "An integrated lean implementation model for fleet repair and maintenance." *Naval engineers journal* 116.4 (2004): 79–90.

17. Chircop, Jeanne. "It's a Matter of Time: Ship Servicers Use Quick Kaizen to Shorten Long Turnaround." *ASQ* November (2009): 1–5.

18. Liker, Jeffrey K., and Thomas Lamb. "What is lean ship construction and repair?." *Journal of Ship Production* 18.03 (2002): 121–142. DOI: 10.5957/jsp.2002.18.3.121.

19. Murphy, Brian P. Applying lean manufacturing initiatives to naval ship repair centers: implementation and lessons learned. Thesis (S.M.). Massachusetts Institute of Technology, 2004.

20. Korobtsov, I. M., and Ya. I. Rozhinskii. *Nauchnaya organizatsiya truda v sudoremonte*. M.: Izdatel'stvo «Transport», 1971.

21. Gorobets, V. S. *Sovershenstvovanie organizatsii sudoremonta v rybnoi promyshlennosti*. M.: Pishchevaya promyshlennost', 1975.

22. Chainikov, K. N. *Obshchee ustroistvo sudov*. L: Izdatel'stvo «Sudostroenie», 1971.

23. Hines, Peter, Matthias Holweg, and Nick Rich. "Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking." *International Journal of Operations & Production Management* 24.10 (2004): 994–1011. DOI: 10.1108/01443570410558049.

24. Green S. D. "The dark side of lean construction: exploitation and ideology." *Proceedings IGLC-7: Seventh Conference of the International Group for Lean Construction*. University of California, 1999. 21–32.

25. Green, Stuart D. "The human resource management implications of lean construction: critical perspectives and conceptual chasms." *Journal of Construction Research* 3.01 (2002): 147–165. DOI: 10.1142/S1609945102000114.

26. Sanders, Adam, Chola Elangeswaran, and Jens P. Wulfsberg. "Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing." *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)* 9.3 (2016): 811–833.

27. Garre, Parthasarathy, V. V. S. Nikhil Bharadwaj, P. Shiva Shashank, Munigala Harish, and M. Sai Dheeraj. "Applying lean in aerospace manufacturing." *Materials Today: Proceedings* 4.8 (2017): 8439–8446. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.07.189.

28. Naim, Mohamed M., and Jonathan Gosling. "On leanness, agility and leagile supply chains." *International Journal of Production Economics* 131.1 (2011): 342–354. DOI: 10.1016/j.ijpe.2010.04.045.

29. Phogat, Sandeep. "An introduction to applicability of lean in shipbuilding." *International Journal of Latest Research in Science and Technology* 2.6 (2013): 85–89.

30. Cooney, Richard. "Is "lean" a universal production system? Batch production in the automotive industry." *International Journal of Operations & Production Management* 22.10 (2002): 1130–1147. DOI: 10.1108/01443570210446342.

31. Boton, Conrad, Louis Rivest, Daniel Forgues, and Julie R. Jupp. "Comparison of shipbuilding and construction industries from the product structure standpoint." *International Journal of Product Lifecycle Management* 11.3 (2018): 191–220. DOI: 10.1504/IJPLM.2018.094714.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дектярев Александр Владимирович — аспирант, ведущий инженер по организации управления производством

Научный руководитель:

Морозов Владимир Николаевич

ФГБОУ ВО «КГТУ»

236022, Российская Федерация, Калининград, Советский пр., 1

АО «ПСЗ «Янтарь»

236005, Российская Федерация, Калининград, пр. Гуськова, 1

e-mail: nwasanches@mail.ru,

a.dektyarev@shipyard-yantar.ru

Морозов Владимир Николаевич —

кандидат технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «КГТУ»

236022, Российская Федерация, Калининград, Советский пр., 1

e-mail: mvn3613@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dektyarev, Alexander V. — Postgraduate, leading engineer for the organization of production management

Supervisor:

Morozov, Vladimir N.

Kaliningrad State Technical University

1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, 236022, Russian Federation

Joint Stock Company «PSZ «Yantar»

1 Guskova square, Kaliningrad, 236005, Russian Federation

e-mail: nwasanches@mail.ru,

a.dektyarev@shipyard-yantar.ru

Morozov, Vladimir N. —

PhD, professor

Kaliningrad State Technical University

1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, 236022, Russian Federation

e-mail: mvn3613@gmail.com

Статья поступила в редакцию 30 августа 2021 г.

Received: August 30, 2021.