

32. Result Type 51223 - Energy Control Technologies on the Queen Mary 2. Web. 20 July 2014 <<http://www.woodward.com/searchpublications.aspx>>.
33. Bataev, A. A., and V. A. Bataev. *Kompozicionnye materialy: stroenie, poluchenie, primenenie*. Novosibirsk: Publishing House of the Novosibirsk State Technical University, 2002.
34. Bataev, A. A., and V. A. Bataev. *Kompozicionnye materialy*. M.: Logos, Universitetskaja kniga. Serija Novaja universitetskaja biblioteka, 2006.
35. Mashinostroenie. Jenciklopedija. T. 3-6. Tehnologija proizvodstva izdelij iz kompozicionnyh materialov, plastmass, stekla i keramiki. M.: Mashinostroenie, 2006.
36. Dizelnye akkumuljatornye toplivnye sistemy COMMON RAIL (Bosch). M.: Izdatelstvo «Legion-Avtodata», 2010.
37. Oki, M., S. Matsumoto, Y. Toyoshima, and K. Ishisaka. *180MPa Piezo Common Rail System*. SAE Technical Paper. No. 2006-01-0274. DOI: 10.4271/2006-01-0274.
38. Oh, B, K. Lee, and M. Sunwoo. *Development of an Injector Driver for Piezo Actuated Common Rail Injectors*. SAE Technical Paper. No. 2007-01-3537. DOI: 10.4271/2007-01-3537.
39. Lazarev, V., J. Wloka, and G. Wachtmeister. *A Method for the Estimation of the Service Life of a Precision Guiding Interface "Needle - Nozzle Body" of a Common-Rail-Injector for High Rail Pressures*. SAE Technical Paper. No. 2011-01-2020. DOI:10.4271/2011-01-2020.
40. Minamino, Ryouta, Takao Kawabe, Hiroshi Omote, and Shusuke Okada. "Fuel injection concept for the future clean diesel engines." *Schiff&Hafen/Ship&Offshore* Sp. (2013): 8–9.
41. "The development of fuel systems of diesel engines (CIMAC Materials Congress 2013)." *Dvigatelsestroyeniye* 4 (2014): 46–57.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Живлюк Григорий Евгеньевич —
кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
spb-engine-prof@mail.ru
Петров Александр Павлович —
кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
app.polab@inbox.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Zhivlyuk Gregory Evgenyevich —
PhD, associate professor.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
spb-engine-prof@mail.ru
Petrov Aleksandr Pavlovich —
PhD, associate professor.
Admiral Makarov State University of Maritime and
Inland Shipping
app.polab@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 4 декабря 2015 г.

УДК 656.62.062.6/.8:54-133

Л. А. Хлюпин

ПРИЧАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАПРАВКИ СУДОВ КОМПРИМИРОВАННЫМ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ

Ресурс судового дизеля увеличивается при использовании в качестве моторного топлива природного газа. Практическое применение последнего затруднено отсутствием в настоящее время инфраструктуры для заправки судов природным газом. В статье представлены пять технических решений заправки судов компримированным природным газом (КПГ) давлением 5 и 20 МПа. Выбранные значения давления газа позволяют максимально использовать отечественное оборудование, серийно выпускаемое для заправки автотранспорта. Приведены основные характеристики автогазозаправщиков. Рассмотрены типы конструкции набережной для различных гидрогеологических условий площадки в пунктах строительства причалов. Выполнена оценка размеров причального фронта, стоечного судна и стационарного причала в зависимости от длины расчётного судна. Предложены оптимальные варианты причального сооружения в

виде стационарного и плавучего причала. Показана зависимость удельных капиталовложений в строительство причальных устройств от технологии заправки и конструкции набережной. Затраты возрастают с повышением давления заправки КПП, но при этом возможен больший судовый запас газа. Минимальные затраты на строительство причальных устройств относятся к заправке судна КПП давлением 5 МПа с плавучего причала.

Ключевые слова: дизель, судно, природный газ, заправка.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ природного газа в качестве топлива для судовых дизелей является перспективным направлением решения задач повышения их ресурса, снижения эксплуатационных расходов и соответствия предстоящим требованиям по содержанию вредных веществ в отработанных газах [1] – [6]. Практическое применение природного газа в судовых дизелях в настоящее время сдерживается отсутствием необходимой инфраструктуры для заправки судов газовым топливом. Природный газ на судне может храниться в сжиженном или компримированном виде, что, во многом, определяется типом судна и условиями его эксплуатации [7] – [9]. Технические решения заправки судов компримированным природным газом отличаются от заправки сжиженным природным газом [10], [11] и потребовали отдельного исследования, основные положения которого изложены далее.

Задача исследования состояла в разработке технологии заправки и экономической оценке строительства причальных устройств для заправки судов компримированным природным газом. Исходными данными явились характеристики газа в трубопроводе, подводящем газ к причальному устройству, и гидрогеологические условия площадок в пунктах строительства причалов. Выбранные значения давления газа позволяют использовать отечественное оборудование, серийно выпускаемое для заправки автотранспорта. На начальном этапе исследования выполнена разработка технологии заправки, включающая технические решения на базе отечественного оборудования, позволяющего реализовать заправку судов внутреннего плавания компримированным природным газом давлением 5 и 20 МПа.

Причалы заправки судов компримированным природным газом (КПП) могут включать пять технических решений.

Для заправки судов КПП давлением 5 МПа (рис. 1):

- плавучий причал со стоечным судном, оборудованным устройствами газозаправки, с подводом газа от магистрального трубопровода;
- стационарный (береговой) причал, оборудованный устройствами газозаправки, с подводом газа от магистрального трубопровода.

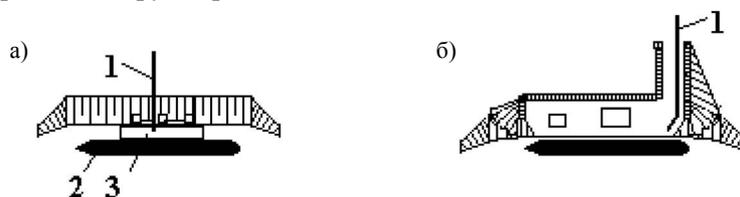


Рис. 1. Схемы заправки судов КПП давлением 5 МПа:
а — плавучий причал со стоечным судном; б — стационарный причал;
1 — магистральный газовый трубопровод; 2 — судно-газоход; 3 — стоечное судно

Для заправки судов КПП давлением 20 МПа (рис. 2):

- стационарный причал для заправки судов газом от передвижного автогазозаправщика [7], [12]. Например, ПАГЗ-2500-32, ПАГЗ-2800-32, ПАГЗ-3500-32, ПАГЗ-7000-32 (табл. 1);
- стационарный причал для заправки судов газом от газонаполнительной компрессорной станции (ГНКС), размещаемой в тыловой части причала;

– стационарный причал с прокладкой газопровода высокого давления для заправки судов газом от городской автомобильной ГНКС.

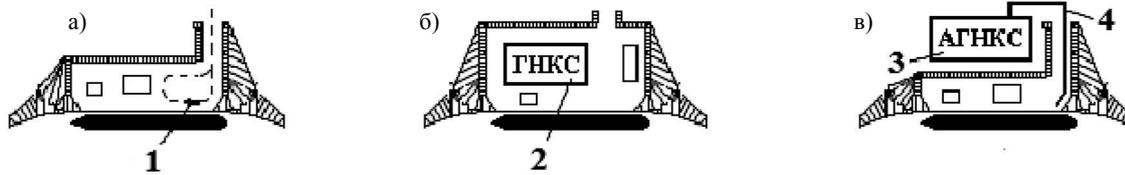


Рис. 2. Схемы заправки судов КПГ давлением 20 МПа со стационарного причала от:
 а — передвижного автогазозаправщика; б — газонаполнительной компрессорной станции;
 в — автомобильной газонаполнительной компрессорной станции;
 1 — ПАГЗ; 2 — ГНКС; 3 — АГНКС; 4 — газопровод высокого давления

Таблица 1

Характеристики передвижных автогазозаправщиков

Показатели	Автогазозаправщики			
	ПАГЗ-2500-32	ПАГЗ-2800-32	ПАГЗ-3500-32	ПАГЗ-7000-32
Автомобиль-тягач	МАЗ-504В		КамАЗ-54112	
Полуприцеп	ОдАЗ-9385			
Объём перевозимого газа, м ³	2500	2800	3500	7000
Номинальное давление газа, МПа	32			
Газовые ёмкости: количество форма материал	56 баллон металл	10 сфера металл	14 баллон металл	20 баллон стеклопл.
Объём реализуемого газа за рейс (минимальный), м ³	1625	1890	2275	4550

Следующий этап исследования включал анализ возможных вариантов причальных устройств в виде стационарного причала или причала со стоечным судном. Тип конструкции набережной определяется гидрогеологическими условиями площадок в пунктах строительства причалов [13]. Так, для грунтов, позволяющих производить погружение железобетонных шпунтов и свай, применим больверк из заанкерowanego железобетонного шпунта. Для плотных грунтов применим больверк из заанкерowanego металлического шпунта или применимы гравитационные набережные из колодцев-оболочек. Для установки стоечного судна предпочтительным вариантом причального сооружения является строительство причально-отбойных железобетонных пал на свайном основании с укреплением спланированного откоса набережной железобетонными плитами на щебёночной подготовке. Длина стоечного судна и причального фронта может составить соответственно не менее 65 и 120 % от длины расчётного судна. Оптимальным вариантом причального сооружения стационарного причала является сплошная вертикальная набережная. Длина причальной набережной и причального фронта может составить соответственно 65 ... 85 % и 110 ... 120 % от длины расчётного судна. Ширина акватории стационарного причала или причала со стоечным судном может соответствовать трехкратной ширине расчётного судна.

Завершающим этапом исследования явилась экономическая оценка строительства причальных устройств. При постоянном изменении цен на материалы и оплату труда интерес представляет сравнение удельных затрат по сооружению рассматриваемых типов причальных устройств. Удельные капиталовложения определяются отношением общих капиталовложений в строительство каждого причала к длине причала (причального фронта) [14]. Минимальные удельные капиталовложения (табл. 2) относятся к заправке судов КПГ (5 МПа) от магистрального трубопровода,

если устройства заправки размещать на плавучем причале (стоечном судне). Те же устройства заправки, размещаемые на стационарном причале, увеличат удельные капиталовложения в 1,2 ... 4 раза в зависимости от размеров причала и типа конструкции набережной.

Несмотря на более высокие удельные капиталовложения, которые потребуются для заправки судов КПП (20 МПа), они более оправданы, поскольку хранение на судах запаса природного газа при низком давлении существенно ограничивает их автономность плавания [15]. При равной длине причала и высоте причальной набережной для заправки судов КПП (20 МПа) максимальные удельные капиталовложения будут при использовании колодцев-оболочек, а минимальные — металлического шпунта. Разница в удельных капиталовложениях при одинаковой высоте причальной набережной с увеличением длины причала существенно сокращается. Объясняется это включением в сметную стоимость строительства причалов затрат на выполнение подготовительных работ площадки строительства, образование акватории и территории причала, строительство объектов основного производственного назначения, включая строительство гидротехнических сооружений и устройств газозаправки, других объектов подсобного и вспомогательного назначения. Понятно, что доля перечисленных затрат в сметной стоимости строительства будет сокращаться с увеличением длины причала.

Таблица 2

Зависимость удельных капиталовложений в строительство причальных устройств от технологии заправки и конструкции набережной

Технология заправки	Длина причала (стоечного судна) / Высота причальной набережной, м	Изменение удельных капиталовложений, %			
		тип конструкции набережной			
		Причальные ж/б палы с берегоукреплением	Металлический шпунт	Железобетонный шпунт	Колодцы-оболочки
Заправка от магистрального трубопровода с плавучего причала	65(60)/–	83,7	—	—	—
	164(90)/–	44,2	—	—	—
Заправка от магистрального трубопровода с берегового причала	58/10	—	100	112,5	175
	154/10	—	51,8	61,2	101,2
Заправка от автогазозаправщика	58/10	—	137,6	156,3	225
	154/10	—	61,2	75,3	110,7
Заправка от ГНКС, размещаемой в тыловой части причала	58/10	—	275	287,6	350,1
	154/10	—	117,7	127,1	167,2
Заправка от городской автомобильной ГНКС	58/10	—	118,8	131,3	200
	154/10	—	61,2	70,6	108,3

Переход от непосредственной заправки автогазозаправщиком к заправке от ГНКС на территории причала повысит стоимость устройства газозаправки. При равной длине причала и высоте причальной набережной доля перечисленных затрат окажется выше и, соответственно, повысится стоимость строительства причала. Вариант с заправкой от городской автомобильной ГНКС предполагает существенное снижение стоимости устройства газозаправки и приведёт к одинаковым или меньшим удельным капиталовложениям, чем при непосредственной заправке от автогазозаправщиков. При этом характер изменения удельных капиталовложений при изменении длины причала сохранится.

Увеличение высоты причальной набережной с 6 м до 14 м повышает капиталовложения в строительство причала на 30 ... 80 %. Указанное изменение капиталовложений возможно и при одной высоте причальной набережной, построенной в разных территориальных районах. Минимальные значения относятся к территориям Москвы и Волгоградской области, а максимальные — к территориям Томской области и других (севернее 60-й параллели).

Выводы

Разработанные пять вариантов технических решений на базе отечественного оборудования позволяют реализовать заправку судов внутреннего плавания КПП давлением 5 и 20 МПа.

Выполненный анализ возможности строительства четырёх типов конструкции набережной выявил, что оптимальным вариантом причального сооружения в виде стационарного причала является сплошная вертикальная набережная, а плавучего причала — железобетонные палы с берегоукреплением.

Расчёты показали, что минимальные затраты на строительство причальных устройств возможны при заправке судна КПП давлением 5 МПа с плавучего причала, а более высокие затраты — давлением 20 МПа, которые оправданы в случае невозможности размещения на судне необходимого запаса газа при низком давлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Goto S.* Advanced medium speed gas engine for land and Sea / S. Goto, K. Watanabe, T. Hashimoto // *MTZ industrial*. — 2015. — Vol. 5. — № 2. — Pp. 32–39. DOI 10.1007/s40353-015-0525-6.
2. *Sauerwein S.* Improvements in efficiency of the MTU series 4000 gas engine / S. Sauerwein, U. Sander, B. Stiller // *MTZ industrial*. — 2012. — Vol. 2. — № 1. — Pp. 12–17. DOI 10.1365/s40353-012-0021-1.
3. *Yang B. S.* The prospective analysis of marine dual fuel engine application based on emission and energy efficiency / B. S. Yang, P. T. Sun, L. Z. Huang, D. Song // *Applied Mechanics and Materials*. — 2013. — Vol. 291–294. — Pp. 1975–1980. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.291-294.1975.
4. *Bui Y.* Machinery concepts and LNG for meeting IMO Tier III rules / Y. Bui // *Wärtsilä Technical Journal: Marine/InDetail*. — 2011. — Pp. 31–38.
5. *Khan M. I.* International experience with compressed natural gas (CNG) as environmental friendly fuel / M. I. Khan, T. Yasmin, A. Shakoor // *Energy Systems*. — 2015. — Vol. 6. — № 4. — Pp. 507–531. DOI: 10.1007/s12667-015-0152-x.
6. *Callahan T.* An Updated Survey of Gas Engine Performance Development. [Электронный ресурс] / T. Callahan, K. Hoag. — Режим доступа: https://shipandoffshore.net/fileadmin/user_upload/pdf/CIMAC2013.pdf (дата обращения: 05.2013).
7. Техничко-экономическое обоснование применения газового топлива (сжиженного и сжатого газа) в отрасли речного транспорта РСФСР. — СПб.: СПГУВК, 1990.
8. ГОСТ 27577-2000. Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия. — Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.
9. *Хлюпин Л. А.* Оценка безопасности использования природного газа на судах / Л. А. Хлюпин // *Материалы международной научно-практической конференции «Водный транспорт России: инновационный путь развития»*, 6–7 октября 2010 г. — СПб.: СПГУВК, 2011. — Т. 2. — С. 329–333.
10. *Бондаренко Е. В.* Формирование сети заправочных станций компримированным природным газом / Е. В. Бондаренко, А. М. Федотов, Р. Т. Шайлин // *Вестник Оренбургского государственного университета*. — 2014. — № 10. — С. 23–29.
11. *Хлюпин Л. А.* Причальные устройства для заправки судов сжиженным природным газом / Л. А. Хлюпин // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2014. — № 6 (28). — С. 125–128.
12. Пат. 2305224 РФ, МПК F 17 C 5/06, F 17 D 1/04. Способ заправки транспорта сжатым природным газом (варианты) и передвижная газозаправочная станция для его осуществления / А. В. Наумейко, С. А. Наумейко, А. А. Наумейко. 2006115705/06; Заявлено 06.05.2006; опубл. 27.08.2007. Бюл. № 24.

13. Нормы технологического проектирования портов на внутренних водных путях. Минтранс России. — М.: Гипроречтранс, 2002.
14. РСФСР МРФ. Сборник нормативных показателей удельных капитальных вложений и эффективности капитальных вложений по отрасли «Речной транспорт». — М.: Гипроречтранс, 1989. — 53 с.
15. Хлюпин Л. А. Автономность газохода / Л. А. Хлюпин // Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС: труды СПГУВК. — СПб.: СПГУВК, 2008. — С. 213–217.

MOORING FACILITIES FOR REFUELING OF VESSELS COMPRESSED NATURAL GAS

A resource of marine diesel engine increases when used as a motor fuel natural gas. The practical application of the latter is hampered by the lack of infrastructure for filling vessels with natural gas. The article presents five technical solutions for the refueling of ships with compressed natural gas (CNG) pressure of 5 and 20 MPa. Selected gas pressure allow maximum use of domestic equipment, commercially available for fueling vehicles. The main characteristics of avtogazservis. The types of waterfront structures for different hydrogeological conditions of the site at the point of construction of berths. Estimation of the size of the mooring front, rack the vessel and fixed mooring depending on the estimated length of the vessel. The best options proposed berthing facilities in the form of stationary and floating dock. The dependence of specific capital investments into construction of mooring devices the technology of refueling and construction of the embankment. Costs increase with the filling pressure of the CNG, but it is possible more marine reserves of gas. The minimum cost for the construction of the mooring devices are fueling CNG vessel pressure of 5 MPa with a floating dock.

Keywords: diesel engine, ship, natural gas, refueling.

REFERENCES

1. Goto, S., K. Watanabe, and T. Hashimoto. “Advanced medium speed gas engine for land and Sea.” *MTZ industrial* 5.2 (2015): 32–39. DOI 10.1007/s40353-015-0525-6.
2. Sauerwein S., U. Sander, and B. Stiller. “Improvements in efficiency of the MTU series 4000 gas engine.” *MTZ industrial* 2.1 (2012): 12–17. DOI 10.1365/s40353-012-0021-1.
3. Yang, Bing Song, P. T. Sun, L. Z. Huang, and D. Song. “The prospective analysis of marine dual fuel engine application based on emission and energy efficiency.” *Applied Mechanics and Materials*. 291–294 (2013): 1975–1980. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.291-294.1975.
4. Bui, Yves. “Machinery concepts and LNG for meeting IMO Tier III rules.” *Wärtsilä Technical Journal: Marine/InDetail* (2011): 31–38.
5. Khan, M. I., T. Yasmin, and A. Shakoor. “International experience with compressed natural gas (CNG) as environmental friendly fuel.” *Energy Systems* 6.4 (2015): 507–531. DOI: 10.1007/s12667-015-0152-x
6. Callahan, T., and Hoag K. An Updated Survey of Gas Engine Performance Development. Web: Special Ship and Offshore. May 2013 <https://shipandoffshore.net/fileadmin/user_upload/pdf/CIMAC2013.pdf>.
7. Tehniko-jekonomicheskoe obosnovanie primenenija gazovogo topliva (szhizhennogo i szhatogo gaza) v otrasli rechnogo transporta RSFSR. SPb.: SPGUVK, 1990.
8. GOST 27577-2000. Gaz prirodnyj toplivnyj komprimirovannyj dlja dvigatelej vnutrennego sgoranija. Tehnicheskie uslovija. Minsk: Mezhsosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii.
9. Khlyupin, L. A. “Ocenka bezopasnosti ispolzovanija prirodnogo gaza na sudah.” *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Vodnyj transport Rossii: innovacionnyj put razvitija», 6–7 oktjabrja 2010 goda*. SPb.: SPGUVK, 2011. Vol. 2: 329–333.
10. Bondarenko, E. V., A. M. Fedotov, and R. T. Shailin. “Formation of a gas stations network by compressed natural gas.” *Vestnik of the Orenburg State University* 10 (2014): 23–29.
11. Khlyupin, L. A. “Mooring facilities for refuelling of vessels liquefied natural gas.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 6(28) (2014): 125–128.
12. Naumeyko, A. V., S. A. Naumeyko, and A. A. Naumeyko. RU 2305224 C1, IPC 7 F17C005/06, F17D001/04. Sposob zapravki transporta szhatym prirodnym gazom (varianty) i peredvizhnaja gazozapravochnaja stancija dlja ego osushhestvlenija. Russian Federation, assignee. Patent 2305224. 6 May 2006.
13. Normy tehnologicheskogo proektirovanija portov na vnutrennih vodnyh putjah. Mintrans Rossii. M.: Giprorchtrans, 2002.

14. RSFSR MRF. Sbornik normativnyh pokazatelej udelnyh kapitalnyh vlozhenij i jeffektivnosti kapitalnyh vlozhenij po otrasli "Rechnoj transport". M.: Gipprorechtrans, 1989.

15. Khlyupin, L. A. "Avtonomnost gazohoda." *Issledovanie, proektirovanie i jekspluatacija sudovyh DVS: Trudy SPGUVK*. SPb.: SPGUVK, 2008: 213–217.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Хлюпин Леонид Алексеевич —
кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
Leonid-Khlupin@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Khlyupin Leonid Alekseevich —
PhD, associate professor,
senior researcher.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
Leonid-Khlupin@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 18 ноября 2015 г.

УДК 621.436

**А. Б. Леонтьев,
А. А. Леонтьев,
В. Н. Макаров**

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ОТКАЗЫ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ НАДЕЖНОСТИ

Надежность подшипников коленчатого вала судовых дизелей в значительной степени определяет надежность всего двигателя. Главной целью исследования было определение влияния изменения геометрических параметров подшипников скольжения в процессе эксплуатации двигателей на их отказы и разработка мер по повышению надежности. Основной причиной отказов подшипников скольжения коленчатых валов является абразивное изнашивание, которое обусловлено наличием абразивных частиц в моторном масле. На основании статистического анализа геометрических параметров результатов дефектации 26 коленчатых валов 13 типов судовых среднеоборотных дизелей (главных и вспомогательных) различных фирм-изготовителей (210 рамовых и 184 мотылевых шеек) было установлено распределение величин износа и овальности шеек, а также зависимости вероятности отказов коленчатых валов из-за задира шеек от величин износа и овальности шеек. Наибольшее влияние на возникновение задира оказывает величина овальности шеек — так, при величине овальности 0,03 мм вероятность задира составляет 30 %, а при величинах более 0,14 мм — 100 %.

Задача повышения надежности подшипников скольжения коленчатых валов может быть решена следующими путями:

- 1) ужесточением величин отклонений формы шеек коленчатого вала и масляного зазора;*
- 2) ограничением содержания механических примесей в моторном масле;*
- 3) формированием металлокерамических покрытий на шейках коленчатого вала для повышения износо- и задиростойкости.*

Ключевые слова: надежность, износ, подшипник, коленчатый вал, вкладыш подшипника.

Н АДЕЖНОСТЬ подшипников коленчатого вала судовых дизелей в значительной степени определяет надежность всего двигателя. Износы поверхностей трения трибоузла «шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника» оказывают решающее влияние на его долговечность, работоспособность и возникновение аварийных ситуаций на двигателе.

Цель работы — определение влияния эксплуатационных факторов на отказы подшипников коленчатых валов судовых среднеоборотных дизелей (СОД) для разработки мероприятий по по-