

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

УДК 629.12.001.63

О. М.-о. Абдуллаев

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО КРАНОВОГО СУДНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ КРАНА 300 Т

Описан процесс оптимизации устанавливаемого на перспективном многоцелевом крановом судне технологического оборудования, т. е. трубоукладочного, кабелеукладочного оборудования, водолазного комплекса, телеуправляемого необитаемого подводного аппарата и системы тампонажной заливки, которые применяются при строительстве объектов морского нефтепромысла в бассейне Каспийского моря с учетом возможностей подъемного крана. Цель оптимизации – сокращение времени простоя при выполнении отдельных технологических операций на море. Для оптимизации всех типов оборудования были использованы характеристики судов, находящихся на балансе управления «Каспморнефтефлот». Получены следующие параметры исследуемого оборудования: трубоукладочное – глубина трубоукладки и диаметр укладываемых труб; кабелеукладочное – глубина кабелеукладки и сечение укладываемых кабелей; водолазный комплекс – глубина погружения и количество одновременно работающих водолазов; телеуправляемый необитаемый подводный аппарат – глубина погружения.

Ключевые слова: трубоукладочное оборудование; кабелеукладочное оборудование; водолазный комплекс; телеуправляемый необитаемый подводный аппарат.

Введение

При строительстве, эксплуатации и утилизации объектов морского нефтепромысла ведущую роль на всех этапах его освоения и эксплуатации играют крановые суда [1]. Следует отметить, что параллельно с крановыми судами широко используются другие типы судов, такие как трубоукладочные, кабелеукладочные, водолазные, суда, выполняющие небольшие межпромысловые грузоперевозки, и т. д. Главной целью оптимизации оборудования является уменьшение времени простоя судна при выполнении отдельных технологических операций на море.

В нашем случае предлагается на крановом судне с подъемным краном грузоподъемностью 300 т устанавливать дополнительное технологическое оборудование [2–4]: трубоукладочное, кабелеукладочное, водолазный комплекс, телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (Remotely operated underwater vehicle – ROV-аппарат), а также предусматривается грузовая палуба.

Систематизация объекта исследования

Для решения задачи оптимизации использовался алгоритм структурной схемы, предложенный в [3]. В алгоритме отражено взаимовлияние всех видов технологического оборудования, критерии оптимизации и влияние характеристик технологического оборудования на ряд параметров проектируемого судна, которыми являются перспективное формирование габаритных размеров корпуса, требуемой скорости судна и мощности энергетической установки.

При решении задачи оптимизации трубоукладочного и кабелеукладочного оборудования предусмотрено применение целевой функции [3].

Трубоукладочное оборудование. Длительная эксплуатация на морском нефтепромысле в бассейне Каспийского моря трубоукладочных судов, находящихся на балансе управления «Каспмор-

нефтефлот» [1] (проект (пр.) РР-25 «Исрафил Гусейнов» и пр. 904 «Сулейман Везиров»), позволило выделить их положительные характеристики. Эти характеристики, необходимые для исследования оптимизации трубоукладочного оборудования на перспективном судне, отражены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики трубоукладочных судов, находящихся в эксплуатации

№ проекта	Название судна	Диаметр укладываемых труб, мм	Глубина трубоукладки, м	Грузоподъемность крана, т
РР-25	Исрафил Гусейнов	219–820	10–300	250
904	Сулейман Везиров	219–813	195	60

При решении задачи оптимизации трубоукладочного оборудования в качестве критериев оптимизации принимаются диаметр укладываемых труб и глубина трубоукладки.

Критерии оптимизации, отраженные в целевой функции [3], предлагается выбирать и рассматривать совместно. Для этого критерии целевой функции отражаются в матрице исходного симплекса (табл. 2). Значения элементов матрицы исходного симплекса раскрыты в табл. 3.

Таблица 2

Матрица исходного симплекса трубоукладочных работ

Уровни вариации глубины трубоукладки и диаметра укладываемых труб	Критерии совместимости глубины трубоукладки и диаметра укладываемых труб									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
I	$X_D^{1,1}$	$X_H^{1,1}$	$X_D^{1,2}$	$X_H^{1,1}$	$X_D^{1,3}$	$X_H^{1,1}$	$X_D^{1,4}$	$X_H^{1,1}$	$X_D^{1,5}$	$X_H^{1,1}$
II	$X_D^{1,1}$	$X_H^{1,2}$	$X_D^{1,2}$	$X_H^{1,2}$	$X_D^{1,3}$	$X_H^{1,2}$	$X_D^{1,4}$	$X_H^{1,2}$	$X_D^{1,5}$	$X_H^{1,2}$
III	$X_D^{1,1}$	$X_H^{1,3}$	$X_D^{1,2}$	$X_H^{1,3}$	$X_D^{1,3}$	$X_H^{1,3}$	$X_D^{1,4}$	$X_H^{1,3}$	$X_D^{1,5}$	$X_H^{1,3}$
IV	$X_D^{1,1}$	$X_H^{1,4}$	$X_D^{1,2}$	$X_H^{1,4}$	$X_D^{1,3}$	$X_H^{1,4}$	$X_D^{1,4}$	$X_H^{1,4}$	$X_D^{1,5}$	$X_H^{1,4}$
V	$X_D^{1,1}$	$X_H^{1,5}$	$X_D^{1,2}$	$X_H^{1,5}$	$X_D^{1,3}$	$X_H^{1,5}$	$X_D^{1,4}$	$X_H^{1,5}$	$X_D^{1,5}$	$X_H^{1,5}$

Таблица 3

Значения элементов матрицы исходного симплекса для трубоукладки

Диаметр укладываемых труб, мм		Глубина укладки труб, м	
$X_D^{1,1}$	400	$X_H^{1,1}$	10
$X_D^{1,2}$	500	$X_H^{1,2}$	50
$X_D^{1,3}$	600	$X_H^{1,3}$	100
$X_D^{1,4}$	700	$X_H^{1,4}$	200
$X_D^{1,5}$	800	$X_H^{1,5}$	300

Таким образом, в табл. 2 прослеживаются максимальные (строка V, столбец X) и минимальные (строка I, столбец I) совместные значения глубины трубоукладки и диаметра укладываемых труб.

Так как суда и плавучие средства, выполняющие трубоукладочные операции, часто осуществляют укладку труб малого диаметра на больших глубинах и, наоборот, трубы большего диаметра укладывают на относительно малых глубинах, предлагается на перспективном судне в качестве оптимальной величины критерия оптимизации принимать значение максимального экстремума. При этом целевая функция примет вид

$$U_{TY} = f(X_D^{1,5}, X_H^{1,5}),$$

где U_{TY} – целевая функция трубоукладочного оборудования; $X_D^{1,5}$ – диаметр укладываемых труб; $X_H^{1,5}$ – глубина укладки труб.

Кабелеукладочное оборудование. На перспективном судне предусмотрено применение кабелеукладочного оборудования. На балансе управления «Каспморнефтефлот» в настоящее время нет специализированного судна для проведения операции кабелеукладки, она производится буксировщиком-развозчиком якорей пр. В-99 «Самир Кулиев». Технические характеристики установленного на судне кабелеукладочного оборудования приведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики кабелеукладочного судна, находящегося в эксплуатации

№ проекта	Название судна	Диаметр катушки, м	Сечение кабеля, мм		Количество кабеля на барабане, м
			ПК-6	3 × 70	
В-99	Самир Кулиев	7,8	ПК-6	3 × 70	2,478
			ПК-6	3 × 95	1,768
			ПК-6	3 × 120	1,412
			ПЭПК-35	1 × 70	2,478
			ПЭПК-35	1 × 95	2,386

Критерии оптимизации, показанные в целевой функции, предлагается отражать в матрице исходного симплекса (табл. 5). Значения кодов, отраженных в матрице исходного симплекса, приведены в табл. 6.

Таблица 5

Матрица исходного симплекса кабелеукладочных работ

Уровни вариации глубины кабелеукладки и сечения укладываемых кабелей	Критерии совместимости глубины кабелеукладки и сечения укладываемых кабелей									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
I	$X_{ск}^{1,1}$	$X_{гк}^{1,1}$	$X_{ск}^{1,2}$	$X_{гк}^{1,1}$	$X_{ск}^{1,3}$	$X_{гк}^{1,1}$	$X_{ск}^{1,4}$	$X_{гк}^{1,1}$	$X_{ск}^{1,5}$	$X_{гк}^{1,1}$
II	$X_{ск}^{1,1}$	$X_{гк}^{1,2}$	$X_{ск}^{1,2}$	$X_{гк}^{1,2}$	$X_{ск}^{1,3}$	$X_{гк}^{1,2}$	$X_{ск}^{1,4}$	$X_{гк}^{1,2}$	$X_{ск}^{1,5}$	$X_{гк}^{1,2}$
III	$X_{ск}^{1,1}$	$X_{гк}^{1,3}$	$X_{ск}^{1,2}$	$X_{гк}^{1,3}$	$X_{ск}^{1,3}$	$X_{гк}^{1,3}$	$X_{ск}^{1,4}$	$X_{гк}^{1,3}$	$X_{ск}^{1,5}$	$X_{гк}^{1,3}$
IV	$X_{ск}^{1,1}$	$X_{гк}^{1,4}$	$X_{ск}^{1,2}$	$X_{гк}^{1,4}$	$X_{ск}^{1,3}$	$X_{гк}^{1,4}$	$X_{ск}^{1,4}$	$X_{гк}^{1,4}$	$X_{ск}^{1,5}$	$X_{гк}^{1,4}$
V	$X_{ск}^{1,1}$	$X_{гк}^{1,5}$	$X_{ск}^{1,2}$	$X_{гк}^{1,5}$	$X_{ск}^{1,3}$	$X_{гк}^{1,5}$	$X_{ск}^{1,4}$	$X_{гк}^{1,5}$	$X_{ск}^{1,5}$	$X_{гк}^{1,5}$

Таблица 6

Значения элементов матрицы исходного симплекса для кабелеукладки

Сечение укладываемых кабелей, мм	Глубина укладки кабеля, м		
$X_{ск}^{1,1}$	1 × 70	$X_{гк}^{1,1}$	50
$X_{ск}^{1,2}$	1 × 95	$X_{гк}^{1,2}$	100
$X_{ск}^{1,3}$	3 × 70	$X_{гк}^{1,3}$	200
$X_{ск}^{1,4}$	3 × 95	$X_{гк}^{1,4}$	300
$X_{ск}^{1,5}$	3 × 120	$X_{гк}^{1,5}$	400

Таким образом, в табл. 5 прослеживаются максимальные (строка V, столбец X) и минимальные (строка I, столбец I) совместные значения глубины кабелеукладки и сечения укладываемых кабелей.

Поскольку суда и плавучие средства, выполняющие кабелеукладочные операции, действуют так же, как и трубоукладочные суда, на перспективном судне в качестве оптимальной характеристики критерия оптимизации также предлагается выбрать значение максимального экстремума. При этом целевая функция примет вид

$$U_{кв} = f(X_{ск}^{1,5}, X_{гк}^{1,5}),$$

где $U_{кв}$ – целевая функция кабелеукладочного оборудования; $X_{ск}^{1,5}$ – сечение укладываемых кабелей; $X_{гк}^{1,5}$ – глубина кабелеукладки.

Водолазный комплекс и ROV-аппарат. При выполнении возложенных на перспективное крановое судно работ по установке опорных блоков, забивке свай, прокладке подводного трубопровода и кабельных линий, а также обследованию и ремонту подводной части стационарных объектов морского нефтепромысла и трубопроводов требуется водолазное обеспечение работ. На перспективном судне предлагается применение водолазного комплекса и ROV-аппарата. Оптимизация характеристик устанавливаемого на судне водолазного комплекса выражается целевой функцией, приведенной в [3]. Управление «Каспморнефтефлот», совместно с водолазным управлением Государственной нефтяной компании Азербайджанской Республики, в настоящее время выполняет основные водолазные работы имеющимися на балансе водолазными судами (табл. 7).

Глубина погружения водолазов на судах, находящихся в эксплуатации

№ проекта	Название судна	Глубина погружения водолазов, м
694	Академик Тофик Исмаилов	300
М-7413	Али Амиров	150
535	Геофизик	60

Учитывая, что глубина погружения водолазов и ROV-аппарата напрямую зависят от характера технологических операций, предлагается предусмотреть максимально необходимую глубину погружения водолазов и ROV-аппарата. На перспективном судне предполагается одновременная работа под водой нескольких водолазов.

Заключение

Таким образом, учитывая рассмотренные выше целевые функции, предлагается установить на перспективном судне оборудование со следующими параметрами:

Трубоукладочное оборудование:

- глубина трубоукладки – 300 м;
- диаметр укладываемых труб – 800 мм.

Кабелеукладочное оборудование:

- глубина кабелеукладки – 400 м;
- сечения укладываемых кабелей – 1 × 120 мм.

Водолазный комплекс:

- глубина погружения – 400 м;
- количество одновременно работающих водолазов – 6 чел.

Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат:

- глубина погружения – 500 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Караев Р. Н.* Морские нефтегазопромысловые плавучие сооружения / Р. Н. Караев. Баку: Бакин. ун-т., 2002. 328 с.
2. *Баширов Р. Д.* Структурный анализ модели двухуровневой оптимизации характеристик многоцелевого кранового судна / Р. Д. Баширов, О. М. Абдуллаев, Р. А. Керимли // XXVI Междунар. заоч. науч.-практ. конф. «Вопросы технических наук». М., 2014. С. 33–36.
3. *Баширов Р. Д.* Системный анализ и критерии оптимизации технологического оборудования многоцелевого судна с краном грузоподъемностью 300 т / Р. Д. Баширов, О. М. Абдуллаев // Морской вестн. 2015. № 2 (54). С. 20–22.
4. *Баширов Р. Д.* Системный анализ и критерии оптимизации верхнего строения многоцелевого кранового судна / Р. Д. Баширов, Р. А. Керимли // Судостроение. 2015. № 5. С. 31–32.

Статья поступила в редакцию 08.12.2015

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Абдуллаев Ойрад Мамеграгим-оглы – Азербайджанская Республика, 1005, Баку, Азербайджанская государственная морская академия; аспирант кафедры «Инженерия судостроения и судоремонта»; Oyrad-abdullayev@yandex.ru.



O. M.-o. Abdullaev

OPTIMIZATION OF CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF MULTI-PURPOSE CRANE VESSEL WITH 300 TONS CARGO LOAD

Abstract. The paper considers the optimization of the installed technological equipment of the promising multipurpose crane vessel, i. e., the pipe-laying equipment, cable-laying equipment, diving complex, remote operation device and plugging filling system used in the construction of off-shore oil objects in the Caspian Sea basin, taking into the capacity of the crane. The aim of optimization is to reduce downtime while operating in the sea. To optimize all the types of the equipment the characteristics of vessels owned by the management of "Caspormneftflot" were used. We obtained the following parameters of the testing equipment: pipe-laying – depth and diameter of pipe-laying; cable-laying – depth and cross-section stacking cables; diving complex – depth of diving and the amount of simultaneously working divers; remotely operated unmanned underwater vehicles – depth of immersion.

Key words: pipe-laying equipment; cable-laying equipment; diving complex; remote operation device.

REFERENCES

1. Karaev R. N. *Morskie neftegazopromyslovye plavuchie sooruzheniia* [Marine oil and gas floating constructions]. Baku, Bakinskii universitet Publ., 2002. 328 p.
2. Bashirov R. D., Abdullaev O. M., Kerimli R. A. Strukturnyi analiz modeli dvukhurovnevoi optimizatsii kharakteristik mnogotselevogo kranovogo sudna [Structural analysis of the model of two-layers optimization of the characteristics of multipurpose crane vessel]. *XXVI Mezhdunarodnaia zaochnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia «Voprosy tekhnicheskikh nauk»*. Moscow, 2014, pp. 33–36.
3. Bashirov R. D., Abdullaev O. M. Sistemnyi analiz i kriterii optimizatsii tekhnologicheskogo oborudovaniia mnogotselevogo sudna s kranom gruzopod"emnost'iu 300t [System analysis and criteria of optimization of technological equipment of multipurpose vessel with crane of 300 tons cargo load]. *Morskoi vestnik*, 2015, no. 2 (54), pp. 20–22.
4. Bashirov R. D., Kerimli R. A. Sistemnyi analiz i kriterii optimizatsii verkhnego stroeniia mnogotselevogo kranovogo sudna [System analysis and criteria of optimization of upper structure of multipurpose crane vessel]. *Sudostroenie*, 2015, no. 5, pp. 31–32.

The article submitted to the editors 08.12.2015

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Abdullaev Oyrad Mamedragimogly – The Republic of Azerbaijan, 1005, Baku, Azerbaijan State Marine Academy; Postgraduate Student of the Department "Shipbuilding and Ship Repairing Engineering"; Oyrad-abdullayev@yandex.ru.

