

10. Газогенератор / Острцов В. Н., Зубакин А. С., Палицын А. В., Коротков А. Н. // Патент РФ № 2555486 МПК C10J3/20.
11. Газогенератор / Острцов В. Н., Зубакин А. С., Палицын А. В., Коротков А. Н. // Патент РФ № 2466177 МПК C10J3/20.
12. Газогенератор / Острцов В. Н., Зубакин А. С., Палицын А. В., Коротков А. Н., Киприянов Ф. А., Рассветалов А. С. // Патент РФ № 2575536 МПК C10J3/20.
13. Зубакин А. С., Коротков А. Н. Разработка и исследование газогенераторов для производства газообразного топлива // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания. Материалы IX Международной научно-практической конференции: сборник научных трудов. Министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», 2016. С. 37-39.

ACT SURFACE OF SEA WATER ON PRESSURE POLYMERIC HOSES RSWB

Kornev V.¹, Rybakov Ju.², Asetkov I.³
**ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОРСКОЙ ВОДЫ
НА НАПОРНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ РУКАВА БЗКР**
Корнев В. А.¹, Рыбаков Ю. Н.², Асетков И. Д.³

¹Корнев Виталий Анатольевич / Kornev Vitaly – кандидат химических наук, доцент,
старший научный сотрудник;

²Рыбаков Юрий Николаевич / Rybakov Jurij – кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
начальник отдела;

³Асетков Иван Дмитриевич / Asetkov Ivan – инженер,
23 отдел,

Федеральное автономное учреждение
25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии
Министерства обороны Российской Федерации, г. Москва

Аннотация: математические расчеты и моделирование процессов функционирования технических средств позволяют сократить или исключить трудоемкие и продолжительные эксперименты, оценить степень и характер воздействия на объект различных факторов. Основным видом нагрузки на напорный рукав, помещенный на поверхности воды, является давление течения поверхностной морской воды, вызываемое ветром, а также направленным движением морских волн. Определены и показаны соотношения величин скорости ветра, морских волн и поверхностного течения воды, что является важным этапом расчетов внешнего гидродинамического давления и работоспособности напорных рукавов БЗКР.

Abstract: mathematical calculations and modeling of hardware operation processes which reduce or eliminate the time-consuming and lengthy experiments, assess the extent and nature of the impact of various factors on the object. The main type of load to pressure hose placed on the water surface, the pressure is the flow of surface seawater generated by wind, as well as directional movement of the sea waves. Identified and shown ratio of the wind speed, sea waves and surface water flow, that means important step calculation of the external hydrodynamic pressure and performance pressure hoses RSWB.

Ключевые слова: математическое моделирование, беспричалная заправка кораблей (БЗКР), напорные плоскостоворачиваемые рукава, ветер, шкала Бофорта, скорость ветра, шкала волнений моря, высота волн по SWH, скорость волн, скорость поверхностной морской воды, географическая широта.

Keywords: math modeling, refueling ships without berth (RSWB), lay flat hoses, Beaufort wind scale, wind speed, scale sea state, SWH wave height, wave speed, rate of surface seawater, latitude.

Экспериментальная оценка эффективности функционирования технических средств и объектов службы горючего в составе больших систем сопряжена с высокими затратами, а в ряде случаев невозможна практически. В то же время повышение требований к качественным параметрам образцов технических средств службы горючего (ТС СГ) обуславливает необходимость и целесообразность тщательного обоснования их состава, основных тактико-технических характеристик и потребности. Оптимизация значений названных величин с

наименьшими затратами может быть достигнута при использовании для этих целей математических моделей процессов функционирования образцов ТС СГ при их применении в войсках по своему основному функционально-штатному предназначению. Анализ процессов функционирования отдельных единиц ТС СГ, комплектующих изделий межотраслевого применения (КИМП) и опыта их математического моделирования показывает, что в большинстве случаев для разработки моделей успешно может быть использован математический аппарат теории исследования операций [1].

Напорные плосковсворачиваемые рукава используются в подразделениях Минобороны России в составе модульных полевых складов горючего (МПСГ) и комплектов беспричастной заправки кораблей (БЗКР) с берега. Условия работы напорных рукавов в составе БЗКР, помещенных на поверхность морской или речной воды, существенно более сложные и напряженные по сравнению с режимами работы в составе наземных МПСГ или при заправке корабля с трайлера по воздушной схеме над поверхностью воды [2-7].

Основным видом нагрузки на напорный рукав, помещенный на поверхности воды, является давление течения поверхностной воды, вызываемое ветром, а также колебательным и направленным движением морских волн [8].

Ветер – это горизонтальное перемещение, поток воздуха параллельно земной поверхности, возникающее в результате неравномерного распределения тепла и атмосферного давления и направленное из зоны высокого давления в зону низкого давления. Ветер характеризуется направлением, силой и скоростью. Направление определяется сторонами горизонта, откуда он дует, и измеряется в градусах. Скорость ветра измеряется в метрах в секунду и километрах в час. Сила ветра измеряется в баллах по шкале Бофорта [9].

Шкала Бофорта – условная шкала для визуальной оценки и записи силы (скорости) ветра в баллах. Первоначально шкала была разработана английским адмиралом Френсисом Бофортом в 1806 г. для определения силы ветра по характеру ее проявления на море. С 1874 г. шкала принята для повсеместного (на суше и на море) использования в международной синоптической практике. В последующие годы менялась и уточнялась. За ноль баллов было принято состояние полного штиля на море. Изначально система была тринадцатibalльная (0-12). В 1946 г. шкалу увеличили до восемнадцати баллов (0-17). В 1963 году шкала Бофорта была принята Всемирной метеорологической организацией.

В последние годы силу ветра чаще оценивают по скорости, измеряемой в метрах в секунду на высоте порядка 10 м над открытой ровной поверхностью суши или воды (таблица 1).

*Таблица 1. Сила ветра по шкале Бофорта
(на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью)*

Баллы Бофорта	0	1	2	3	4	5	6	7
Класс	штиль	тихий	легкий	слабый	умеренный	свежий	сильный	крепкий
Скорость ветра W, м/с	0-0,2	0,3- 1,5	1,6-3,3	3,4-5,4	5,5-7,9	8,0-10,7	10,8-13,8	13,9- 17,1

Существующая шкала волнений моря под влиянием ветра по смыслу близка к шкале Бофорта, но имеет определенные отличия (таблица 2).

Общепринятыми являются британская, американская и русская системы оценки волнения моря по средней высоте волн. Высота волны считается от гребня (верхняя точка волны) до подошвы (основание впадины). Этот параметр называется Significance Wave Height (SWH). В американской шкале учитываются 30% значительных волн, в британской 10%, в русской 3%. Значительные морские волны, как правило, возникают с определенной амплитудой и повторяются через несколько идущих подряд более слабых волн. Скорость морских волн заметно увеличивается от глубинных вод к мелководью, поэтому применительно к крупным судам и танкерам, расположенным на большом расстоянии от берега, следует ориентироваться на меньшие значения скоростей волн С (таблица 2), учитывая, что при заправке корабля с берега по мере приближения к берегу скорость волн, воздействующих на рукав, будет увеличиваться.

Таблица 2. Шкала волнений моря

Баллы волнения моря	0	I	II	III	IV	V	VI	VII
Класс	нет	слабое	умерен.	значит.	значит.	сильное	сильное	оч/сильное
Высота волн (SWH) h, м	0	< 0,1	0,1-0,5	0,5-1,25	1,25-2,5	2,5-4,0	4,0-6,0	6,0-9,0
Скорость волн C, м/с	0	< 0,9	0,9-2,1	2,1-3,5	3,5-4,9	4,9-6,3	6,3-7,6	7,6-9,4

В таблице 2 приведена скорость волн, рассчитанная по формуле:

$$C = \sqrt{\frac{g \lambda}{2\pi}} \quad (1)$$

где C – скорость распространения волн по поверхности моря, м/с;

λ – длина волны, м;

g – ускорение свободного падения (9,8 м/с²).

В таблице 1 приведена характеристика 7 баллов из 17 по шкале Бофорта. Баллы с 8 по 17 характеризуются как штормы и ураганы различной силы и не имеют практического значения для заправки кораблей на большом расстоянии от берега по причине высокой опасности и вероятности повреждения напорного рукава.

Для практических расчетов и оценки работоспособности напорных рукавов при различных баллах по Бофорту важной величиной является скорость направленного течения поверхностной морской воды.

Скорость океанских течений оценивается примерно в 10 раз меньше скорости создающего их ветра [8]. Для ориентировочной оценки при силе ветра от 0 до 3 баллов можно за скорость течения поверхностной морской воды принять 0,1W (скорости ветра), но нужно еще принять во внимание направленность и продолжительность действия ветра, а также направленность и характер движения волн [10], то есть при необходимости ввести повышающий коэффициент к 0,1W или произвести расчет по формуле [10], что особенно актуально при силе ветра более 3-4 балла:

$$V = \frac{A W}{\sqrt{\sin \varphi}} \quad (2)$$

где V – скорость течения воды на поверхности моря, м/с;

A = 0,01 – 0,03 (ветровой коэффициент);

W – скорость ветра, м/с;

φ – географическая широта.

Проведенные расчеты по формуле (2) подтвердили, что скорость поверхностного течения морской воды не превышает 0,1 от скорости создающего это течение ветра, причем вблизи экватора, а в широтах 60-80° скорость поверхностного морского течения еще гораздо меньше.

По мере погружения в глубину моря скорость ветрового течения уменьшается, а его направление отклоняется вправо в северном полушарии и влево в южном полушарии под влиянием силы Кориолиса. Направление ветра и направление скорости поверхностной морской воды образуют угол 45°. На некоторой глубине (реально она не превышает 20-50 м) скорость течения воды противоположна по направлению поверхностной скорости, а ее величина равна 0,04V. Эта глубина называется глубиной трения, которая минимальна на полюсе земного шара и максимальна на экваторе [11, с. 63].

Вообще, изменение скорости ветрового течения по глубине моря $V = f(h)$ описывается уравнением спирали Экмана, но в данном случае нас интересует именно скорость поверхностного течения, поскольку напорный рукав для перекачки топлива, имеющий удельный вес конструкционного материала порядка 1000 кг/м³ и заполненный, например, дизельным топливом плотностью 860 кг/м³ плавает на водной поверхности.

Приняв максимальные для каждого балла значения скорости ветра по шкале Бофорта и величину ветрового коэффициента 0,03, получаем следующие расчетные значения (2) скорости поверхностной морской воды для различных географических широт и скорости ветра по шкале Бофорта (таблица 3):

*Таблица 3. Расчетная скорость течения поверхностной морской воды
в различных географических широтах*

Баллы Бофорта	0	1	2	3	4	5	6	7
Класс	штиль	тихий	легкий	слабый	умеренный	свежий	сильный	крепкий
Скорость ветра W , м/с	0	1,5	3,3	5,4	7,9	10,7	13,8	17,1
Скорость воды ш 5° ш V , м/с	0	0,152	0,335	0,549	0,803	1,088	1,405	1,739
Скорость воды ш 10° ш V , м/с	0	0,108	0,237	0,388	0,568	0,769	0,993	1,230
Скорость воды ш 20° ш V , м/с	0	0,077	0,169	0,276	0,405	0,548	0,707	0,877
Скорость воды ш 30° ш V , м/с	0	0,064	0,140	0,229	0,335	0,454	0,585	0,725
Скорость воды ш 40° ш V , м/с	0	0,056	0,123	0,202	0,295	0,400	0,516	0,639
Скорость воды ш 50° ш V , м/с	0	0,051	0,113	0,185	0,271	0,367	0,473	0,586
Скорость воды ш 60° ш V , м/с	0	0,048	0,106	0,174	0,254	0,345	0,445	0,551
Скорость воды ш 70° ш V , м/с	0	0,464	0,102	0,168	0,245	0,331	0,427	0,529
Скорость воды ш 80° ш V , м/с	0	0,045	0,099	0,166	0,239	0,323	0,417	0,517
Скорость воды ш 90° ш V , м/с	0	0,045	0,099	0,162	0,237	0,321	0,414	0,513

Видно, что скорость распространения волн под действием ветра составляет 70-80% скорости ветра в баллах Бофорта. При этом скорость течения поверхностной морской воды составляет только 3 – 10 % от скорости ветра (таблицы 1-3).

При расчете внешнего гидродинамического давления на рукав по формуле $F=C_x S(\rho V^2/2g)$ следует принять во внимание результирующее значение скорости, определяемое экспериментальным путем или пропорционально выше отмеченному соотношению.

Литература

1. *Пирогов Ю. Н.* Математическое моделирование процессов функционирования объектов и технических средств обеспечения горючим. М.: Издательство Неография, 2006. 228 с.

2. Корнев В. А., Пирогов Ю. Н. Осевое усилие закрепленных на концах эластичных напорных рукавов под влиянием течения воды // Вестник науки и образования, 2016. № 11 (23). С. 14-17.
3. Корнев В. А. Аналитический расчет напорных рукавов методом гибкой нити // Проблемы современной науки и образования, 2016. № 30 (72). С. 22-26.
4. Корнев В. А., Рыбаков Ю. Н. Продольные и кольцевые нагрузки в напорных полимерных рукавах // Проблемы современной науки и образования, 2016. № 39 (81). С. 12-14.
5. Рыбаков Ю. Н., Корнев В. А., Харламова О. Д., Чириков С. И. Технические средства нефтепродуктообеспечения из конструкционных материалов на основе термопластичных полиуретанов // «ТРУДЫ 25 ГОСНИИ МО РФ». Выпуск 57 к 70-летию института / под общ. ред. В. В. Середы. М.: Издательство «Перо», 2016. С. 396-402.
6. Корнев В. А. Современные технические средства нефтепродуктообеспечения из полимерных материалов / В. А. Корнев, Ю. Н. Рыбаков // «Вопросы современной науки»: коллект. науч. монография / под ред. Н. Р. Красовской. М.: Изд. Интернаука, 2015. Том 2. Глава 2. С. 29-47.
7. Корнев В. А., Рыбаков Ю. Н., Волков О. Е. Полимерные рукава для установок перекачивания горючего // Сборник статей по материалам ХLI Международной научно-практической конференции «Научная дискуссия: вопросы технических наук». М. Изд. «Интернаука», 2015. № 12 (30). С. 109-115.
8. Движение вод океана. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.oceanavt.ru/fizisheskay-geografia-okeana/> (дата обращения: 21.12.2016).
9. Шкала Бофорта для визуальной оценки силы (скорости) ветра. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.meteoinfo.ru/bofort/> (дата обращения: 21.12.2016).
10. Васильев К. П. Что должен знать судоводитель о картах погоды и состоянии моря. Л.: Гидрометеиздат; Издание 2-е перераб. и доп., 1980. 232 с.
11. Ветровое волнение в океанах и морях. Характеристика волн. Штормовые нагоны. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.geogr.msu.ru/> (дата обращения: 21.12.2016).

INFLUENCE OF DESIGN DATA SCREW DOWNHOLE MOTOR ON THEIR ENERGY CHARACTERISTICS

Zhuanganov D.¹, Zaurbekov S.², Zaurbekov K.³

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Жуанганов Д. К.¹, Заурбеков С. А.², Заурбеков К. С.³

¹Жуанганов Дамир Кайратович / Zhuanganov Damir – магистрант;

²Заурбеков Сейтжан Арыспекевич / Zaurbekov Seitzhan – кандидат технических наук,
ассоциируемый профессор;

³Заурбеков Кадыржан Сейтжанович / Zaurbekov Kadyrzhan – бакалавр,
кафедра технологических машин и оборудования,

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан

Аннотация: в данной статье рассмотрены принцип действия и основные элементы винтовых забойных двигателей, факторы, влияющие на создание забойного гидравлического вращателя, условия для того чтобы кинематическая пара «ротор - статор» выполняла функции рабочих органов объемной гидромашины. Также рассмотрены конструктивные параметры, влияющие на энергетические характеристики и гидравлические потери винтовых забойных двигателей. Приведена таблица зависимости крутящего момента и частоты вращения винтовых забойных двигателей от числа заходов двигателя.

Abstract: this article describes the principle of operation and main elements of a screw downhole motors, factors influencing the creation of the downhole hydraulic rotator, the conditions to the kinematic pair "rotor - stator" performed the functions of working bodies of volumetric hydraulic machines. Also discusses the design parameters affecting energy performance and pressure loss of