

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Гидротехническое, энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика»



**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ,
СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

**Материалы 79-й студенческой научно-технической конференции
в рамках Международного молодежного форума «Креатив и
инновации 2023»**

13 апреля 2023 года

**Минск
БНТУ
2023**

УДК 626, 627,627.8,629.12

ББК 3

Составители: Качанов И.В., Власов В.В.

В сборнике представлены материалы студенческой научно-технической конференции «Современные направления в проектировании, строительстве и эксплуатации водохозяйственных и энергетических объектов», посвященные анализу современных подходов к проблемам развития гидротехнического и энергетического строительства, водного транспорта и гидравлики, путях повышения эффективности образования, науки и производства, привлечение молодежи к научной и практической деятельности. Сборник ориентирован на студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей средних и высших учебных заведений, научных сотрудников и специалистов, занимающихся вопросами и проблемами развития гидротехнического и энергетического строительства, водного транспорта и гидравлики, поиском повышения эффективности технического образования, науки, производства и эксплуатации.

© Белорусский национальный
технический университет, 2023

Я.А. Пашкевич, К.Д. Соколдынская

Белорусский национальный технический университет

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ «СУХАЯ» И «МОКРАЯ» СТЕНА В ГРУНТЕ

Метод, который рационально применять при строительстве различных подземных сооружений рядом с эксплуатируемыми жилыми и нежилыми объектами – это метод «стена в грунте». Иногда метод становится единственным решением в строительстве.

Сущность рассматриваемого метода сводится в применении его в трудных условиях. Например, нужно построить объект, рядом со зданием или сооружением, которое необходимо сохранить. Для выполнения такого вида задачи выбирают метод стены в грунте.

Траншейный метод впервые был применён при строительстве метрополитена в городе Милан (Италия) в 50-е годы XX века и поэтому некоторые называют метод «миланским». После удачных проб метод «стена в грунте» получил широкое распространение по всему миру.

Данный способ рекомендуется использовать для защиты от подтоплений и заболачивания территорий и магистральных каналов, водохранилищ или инфильтрации; защиты от загрязнений грунтовых вод инфильтрационными водами из различного рода отстойников, иловых площадок; для предотвращения фильтратий в обход гидротехнических сооружений.

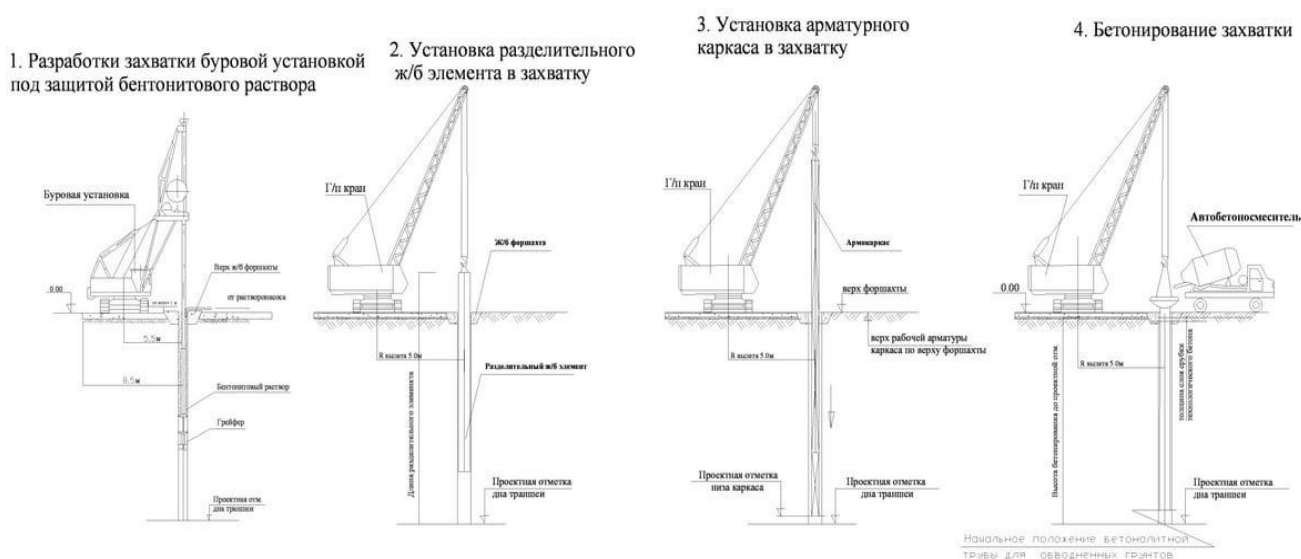


Схема разработки стены в грунте

Существует два основных способа возведения стены в грунте: с помощью разработки траншеи и буросекущих свай.

Разработка с помощью свай основывается на строительстве сплошного ряда, касающихся друг друга, грунтоцементных или буронабивных свай. В несколько потоков происходит бурение свай. Точки бурения скважин второго потока подбираются таким образом, чтобы перекрыть часть сечения свай из первого потока. Невзирая на то, что несущая способность свай второго потока оказывается ниже, чем первой, в итоге формируется бетонная стена, которая обладает достаточным показателем прочности.

По методу буросекущих свай строятся подпорные стены, ограждаются стройплощадки, создаются противодиффузионные завесы и многое другое. Способ буросекущих свай не подходит для строительства основания зданий.

Более эффективный метод – строительство с помощью разработки траншеи. До разработки котлована, сооружение стены даёт технологическое преимущество при строительстве оснований зданий. По причине того, что проектом предусматривается многоярусная подземная инфраструктура, которая включает в себя: цокольные этажи, гаражи, подвалы, парковки или хранилища. Траншейный способ стены в грунте отличается высокой надежностью и позволяет защищать от грунтовых вод подземную инфраструктуру.

Разработка траншеи проводится захватками через одну, определяющий момент – ширина захвата грейфера. После бетонирования и схватывания захваток первой очереди приступают к бетонированию траншей второй очереди и так далее.

Различают два способа траншейного строительства: мокрый и сухой.

«Сухой» способ основывается на заливке монолитного бетона или применении готовых конструкций из железобетона. По периметру будущей постройки при помощи экскаватора или фрезы выкапывается траншея форшахты глубиной до 2 – 3 м. Форшахта служит для обозначения периметра будущей постройки и для укрепления стенок будущей траншеи. Как известно, у глубокой траншеи наименее устойчива её верхняя часть. С целью предотвращения осыпания верхнего слабого грунта, стенки форшахты укрепляют. После этого, при помощи крановых или экскаваторных грейферов производят выборку почвы из траншеи на необходимую глубину вплоть до нескольких десятков метров. После того, как траншея выкопана на нужную глубину, в ней монтируют сборные железобетонные конструкции или заливают монолитный железобетон.

Разрешается строительство «сухим» методом при отсутствии грунтовых вод и достаточной устойчивости самого грунта. Метод является более экономным из-за того, что нет необходимости применять глинистый раствор.

Технология «мокрым» способом основана на физическом явлении: тиксотропность. Под этим явлением понимают свойство отдельных составов и материалов самостоятельно восстанавливать свою первоначальную форму. В наибольшей степени такое свойство присуще бентонитовым глинам. Их суспензия под действием вибрации может разжижаться до состояния текучести, но при этом оставаться достаточно вязким, а после перехода в спокойное состояние – вновь увеличивать плотность, постепенно возвращаясь к первоначальному состоянию.

Ещё одно важное свойство присуще бентониту: он является водоупором и способен, в состоянии покоя, образовывать на стенах траншеи корку глины толщиной до 4 мм. Именно поэтому «мокрый» траншейный способ замечательно подходит при строительстве стены в сложных гидрогеологических условиях.

На основе специальных местных или высокодисперсных глин, которые удовлетворяют требованиям по плотности, набуханию, нижнему и верхнему пределам пластичности, производится приготовление тиксотропного раствора. Изготовление глинистого раствора из местных материалов позволяет заметно удешевить строительство.

Таким образом, мы выяснили, что использование способа «стена в грунте» вместо традиционных методов выполнения работ при сооружении подземных помещений является более экономичным и рациональным.

Способ позволяет отказаться от дорогостоящих работ по водопонижению, водоотводу, цементированию и замораживанию грунтов. Дает возможность экономить материалы, находящиеся в дефиците, металлический шпунт, снижает энергоёмкость строительства, а в некоторых случаях является единственным возможным способом возведения подземного сооружения.

Наиболее трудоемкая и дорогостоящая операция этого метода – образование в грунтах глубокой узкой траншеи на глубину до 50-60 м, шириной 0,5-1,2 м. Для таких целей используют траншеепроходческое оборудование, в основе работы которого вибрационный, ударный, водовоздушный и режущий принципы разработки грунта в узкой траншее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интернет-ресурс: glavrent.ru, дата обращения: 02.05.2023;
Интернет-ресурс: moyastena.ru, дата обращения 10.05.2023.

Т.Д.Акименко, И.В. Кривцов, А.Д. Криулька

Белорусский национальный технический университет,

БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ВЕРФИ

Научный руководитель – ст. преподаватель И.В. Недашковская

Основой концепции создания успешного судостроительного предприятия остается принцип организации хозяйственной деятельности как бизнеса: получение прибыли через наиболее полное удовлетворение запросов потребителей.

Цель: создание предприятия, которое предоставит конкурентную линейку яхт под названием ЙОКО S, M и L. Производство максимально локализовано на территории Беларуси, что снизит себестоимость продукта, а также предоставит рабочие места не только на предприятии, но и на других в пределах Беларуси. Яхты ЙОКО представляют собой двухвинтовые прогулочные малогабаритные суда, со стеклопластиковым корпусом и мощным дизельным двигателем, который обеспечивает скорость до 50 узлов, а также комфортабельным минималистичным интерьером и всеми удобствами по демократичным ценам.

Ресурсы и поставщики: для постройки завода можно рассмотреть территорию рядом с посёлком Чечевичи, прилегающему к Чигиринскому водохранилищу. Эта местность удобна тем, что расстояния между столицами соседних стран мало, так как готовая продукция (т.е. яхты) будет продаваться туда, а некоторые комплектующие будут завозиться с других стран. То есть, эта местность, более подходящая для транспортировки. До территории Украины идёт путеводный маршрут с Чигиринского водохранилища выходит на реку Друть, в районе Рогачёва переходит на реку Днепр и после впадает в Киевское водохранилище

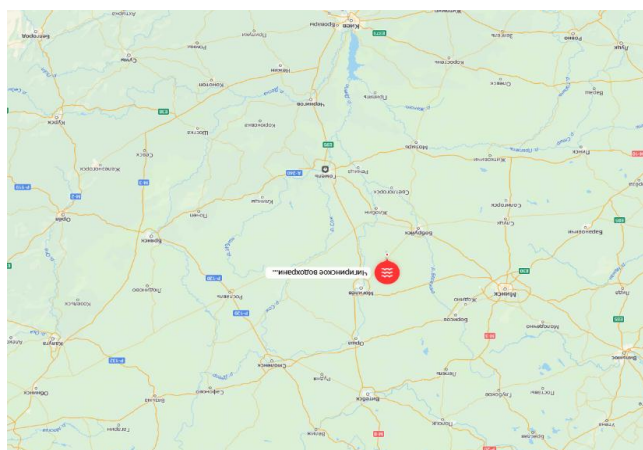
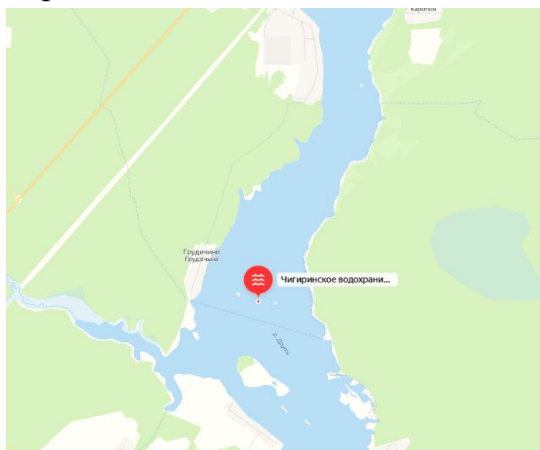


Рисунок 2 – Чигиринское водохранилище

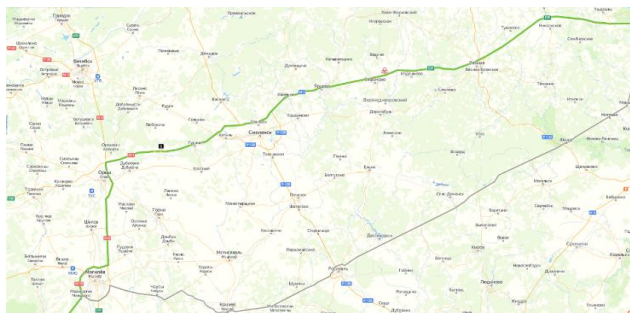


Рисунок 3 – Расположение Чигиринского водохранилища на карте Беларуси

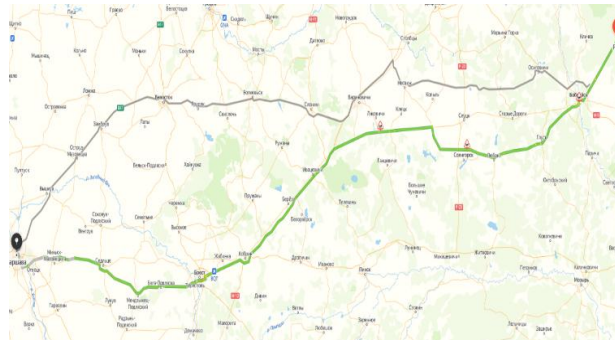


Рисунок 4 – маршрут до территории Российской Федерации г. Москва

Рисунок 5 – маршрут до территории Польши г. Варшава

Корпус яхт разработан с идентичными обводами, различие у моделей только в габаритах. ЙОКО S: L=10 м; В=3,5 м; Т=0,75 м. ЙОКО М: L=20 м; В=5 м; Т=1,5 м. ЙОКО L: L=30 м; В=7 м ; Т=1,8 м. Подобный подход обеспечит меньшие временные и материальные затраты как в проектировании, так и в производстве.

Изготовление корпусов предлагается из стеклопластика, это обеспечит долговечность и меньшую массу яхте, в отличии от корпусов из металлических материалов. Поставщиком стекловолокна, смолы и гелькоута выступит белорусская компания ХимСнаб Композит.

Интерьер яхт производится из дерева, кожи, ткани, полимеров, металла и композитов. Заказчик самостоятельно выбирает конкретные материалы и цвета, для внутренней отделки из предложенного ассортимента наших поставщиков, в случае если заказчику не подошли предложенные, то у него есть возможность указать нужные материалы. После согласования материалов и цветов строится 3D модель яхты и предоставляется заказчику для предоставления и окончательного утверждения постройки. Древесину поставляет ООО «Вудман», ткань и кожу ООО «Стартекс», полимеры и композиты ХимСнаб Композит, металлы ООО «Спецагро».

В связи с тем, что энергетические установки это агрегаты сложной конструкции принято решение закупать их. Выбраны двигатели фирмы Caterpillar, они соответствуют требуемым характеристикам и имеют широкую линейку двигателей. Так как яхты ЙОКО являются двухвинтовыми, соответственно двигателей устанавливается также два. В суда устанавливаются дизельные двигатели различной мощности, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – двигатели и их характеристики.

Модель яхты	Устанавливаемый двигатель	Мощность, л.с. одного двигателя/ общая	Максимальная скорость, уз
S1	SC11C300D	300/600	37
S2	3456 АТААС	375/750	43
S3	3406С ТА	435/870	50
M1	3412С	880/1760	25
M2	3508 ТА	1180/2360	32
M3	С32 АТААС2	1350/2700	36
L1	3512В HD	1850/3700	28
L2	3516В HD	2500/5000	32

Производство гребных винтов доверяется российской компании STARMИ, они способны изготавливать и обслуживать винты для всей модельной линейки ЙОКО.

План производства: судостроительная верфь располагаться в близь посёлка Чечевичи, состоит из следующих цехов:

1 – Склад материалов корпуса; 2 – Корпусообработывающий цех; 3 – Цех окраски корпуса; 4 – Комплектационный склад; 5 – Цех узловой сборки; 6 – Цех окраски корпуса; 7 – Склад материалов интерьера; 8 – Цех изготовления и установки интерьера; 9 – Площадка для спуска (подъема) судна на воду; 10 – Амбар для хранения корпусов судна.

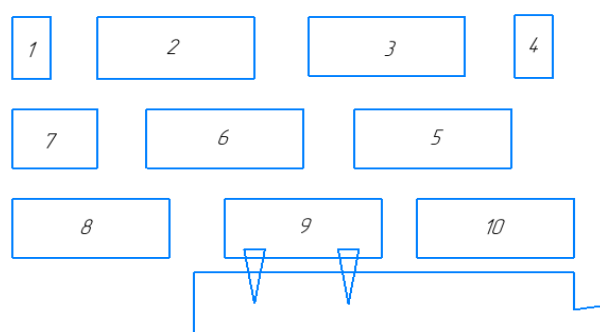


Рисунок 6 – Схема расположения верфи

Параллельно могут строиться 5 судов что увеличивает количество производимых судов в год несмотря на то, что ЙОКО L строится год. Исходя из спроса рынка годовой план постройки составляет от 2 до 12 судов в год, в зависимости от модели яхты.

Корпуса изготавливаются по матрицам методом напыления, что ускорит и удешевит производство. Матрицы будут изготовлены силами предприятия, по чертежам вручную создаются прототипы корпусов из стеклопластика и доводятся до идеала шпатлевкой. На этих прототипах, обработанных разделителем, изготавливаются матрицы. Ребра жесткости и переборки производятся таким же образом, а затем клеиваются в корпус.

Окраска осуществляется в следующем цеху латексно-акриловой краской, корпус окрашивается изнутри, надстройки и палуба. Места соединения корпуса и надстроек не окрашиваются. Перед окраской корпус полируется шлифмашинами сначала с 150 зернистостью, затем 400. Поверхность отчищается от пыли и обезжиривается.

В окрашенный корпус устанавливается двигатель, выбранный заказчиком, топливная система, система управления, вспомогательное оборудование, а также устанавливаются надстройки.

После установки всех систем и оборудования судна, корпус окончательно окрашивается (наружная сторона корпуса, места присоединения корпуса и надстроек).

Последний этап – изготовление и установка интерьера. В цеху выполняется полный цикл производства интерьера, выбранного заказчиком.

По завершению постройки судно спускается на воду для тестов, а после их проведения устраняют выявленные неполадки, после этого яхта готова к постановке на учет и передаче заказчику.

На каждый основной цех назначается штат из 10 человек, с возможностью в случае большой загрузки, временного перевода в другой цех.

Экономическая часть. Стоимость постройки завода: средняя стоимость постройки теплых цехов в Беларуси равна 443 BYN за 1м². На территории нашего предприятия 6 цехов 20x45 м, 2 цеха 10x20, и один цех 20x25, общая площадь равна 6300 м².

$$S = 6300 \cdot 443 = 2790900 \text{ BYN}$$

Стоимость оборудования: изучив информацию, приблизительный бюджет для оборудования равен стоимости постройки цехов.

Месячная заработная плата для штата: средняя заработная плата квалифицированного сотрудника равна 1500 BYN. Количество сотрудников необходимых для беспростойной работы верфи: 60 рабочих в цехах, 1 директор, 1 помощник директора, 1 бухгалтер, юристов и прочих редко используемых специалистов нанимает на аутсорсе.

$$63 \cdot 1500 + 1000 = 95500 \text{ BYN}$$

Принимаем равным 100000 BYN с запасом на премии выделившимся сотрудникам.

Себестоимость ЙОКО S1: Стоимость производства корпуса и окраски: Толщина корпуса 12 мм, площадь корпуса 50 м², учитывая плотность стеклопластика 2000кг/м³, масса изготавливаемого корпуса равна 120 кг, стоимость производства корпуса выйдет 50000 BYN. А после установки двигателя и полного обустройства яхты стоимость составит 350000 BYN. Продаваться ЙОКО S1 будет за 400000 BYN (маржинальность равна 12,5%), таких судов можно произвести 12 в год. Аналогично были произведены расчеты стоимости всех моделей, их финальная стоимость приведена в таблице 2:

Таблица 2 – Стоимость и количество производимых яхт в год.

Модель яхты ЙОКО	Стоимость	Максимальное количество производимых судов в год, шт
S1	400 000	12
S2	430 000	12
S3	460 000	12
M1	3 000 000	4
M2	3 200 000	4
M2	3 500 000	4
L1	25 000 000	2
L2	27 000 000	2

При производстве 6 моделей S, 2 моделей M, 1 модель L, доход в год равен 4.000.000 BYN, прибыль 2.800.000 BYN в год.

Окупаемость производства с учетом затрат на открытие этого производства и непредвиденных расходов составит менее 10 лет.

Также предполагается возможность заказать яхту без внутренней отделки и бытовых товаров. Кроме того, будут предоставлены услуги по стоянке на зимовку и техническому обслуживанию яхт. В рамках технического обслуживания проводится чистка корпуса, устранение дефектов и обслуживание двигателя.

Для продвижения и привлечения клиентов создается сайт компании, запускается YouTube-канал, на котором будет демонстрироваться вся работа, включая: расчеты; соглашения с партнерами; подготовку к началу работ; сам

процесс работы; результаты. В будущем планируется создать собственный мерчандайз, который будет включать в себя одежду и аксессуары.

Это поможет расширить клиентскую базу и добавить в видео-ролики интеграцию, в которой будут показаны рекламные материалы партнеров, которые будут представлены на сайте.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Качанов, И. В. Проектирование судов: пособие для студентов специальности 1-37 03 02 "Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта" / И. В. Качанов; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Кораблестроение и гидравлика". – Минск: БНТУ, 2019. – 264 с. – Режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/50583>. (7 экз.)

2. Качанов, И.В. Экономика водного транспорта: учебное пособие / И.В. Качанов, А.Д. Молокович, С.А. Шавилков; под ред. А.Д. Молоковича. – Минск: БНТУ, 2008. – 244 с.

3. Качанов, И.В. Организация производства и управления предприятиями водного транспорта: учебное пособие / И.В. Качанов, А.Д. Молокович, С.А. Шавилков; под ред. А.Д. Молоковича. – Минск: БНТУ, 2013. – 330 с.

УДК 369.2

А.А. Сахарчук, И.Д. Лохан

Белорусский национальный технический университет,

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА И ПОВЫШЕНИЯ ЕГО РЕНТАБЕЛЬНОСТИ

Научный руководитель – ст. преподаватель И.В. Недашковская

Согласно ежегодно утверждаемым законам об исполнении республиканского бюджета, водный транспорт вышел в лидеры по объемам отраслевой господдержки.

Таблица 1. Расходы Республиканского бюджета на транспорт, тыс. руб.

Виды транспорта	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Автомобильный	5063	5613	5870	6527	6274	6183
Железнодорожный	7410	6973	8069	8935	7596	7895
Водный	6103	7406	7960	9060	8568	8273

При таком объеме государственного финансирования доля водного транспорта в грузообороте составляла лишь 0,024%, а с 2019 по 2021 года Белстат зафиксировал снижение грузооборота на водном транспорте.

Таблица 2. Грузооборот по видам транспорта

	2020 г., млн. тн. км.	2021 г., млн. тн. км.
Грузооборот всего транспорта	123 158,1	118 775,7
трубопроводного	51 853,9	44 577,9
железнодорожного	42 420,4	44 478,2
автомобильного	28 777,6	28 777,6
воздушного	76,3	76,3
внутреннего водного	29,9	33,3

Несмотря на невысокую эффективность водного транспорта правительство намерено и дальше увеличивать объемы вложений в эту отрасль транспорта, так согласно, программе «Транспортный комплекс» на 2021–2025 гг., расходы республиканского бюджета на водный транспорт в 2021 г. должны составить 12,1 млн руб., а в 2023 г. увеличиться до 21,4 млн руб.

В общей сумме до 2025 года планируется инвестировать в отрасль 79,8 млн руб. из республиканского бюджета и 14,9 млн руб. из инвестиционного фонда Минтранса.

Выделим главные проблемы водного речного транспорта в Республики Беларусь:

1. Колебания уровня воды в реках в разные сезоны, что затрудняет плавание судов.

2. Не хватает современных и эффективных судов, что ограничивает возможности и потенциал водного транспорта в Беларуси.

3. Республика Беларусь не имеет выхода к морю.

4. В стране имеется ограниченное количество маршрутов водного транспорта, а существующие часто устарели и не обслуживаются должным образом.

5. Нестабильная геополитическая обстановка.

Одним из возможных путей решения может быть строительство пути E40, но для эффективной реализации нужно обеспечить конкурентоспособность водного транспорта.

Основные факторы конкурентоспособности: тариф, скорость доставки, устойчивость работы транспорта в течение года, применение гибких схем логистики, возможность доставки «от двери до двери» и некоторые другие.

Главным конкурентом водного транспорта является железнодорожный.

Водный транспорт проигрывает в скорости доставки. Чтобы проделать путь между крайними точками Е40 (с учетом стоянок), судну потребуется не менее 290 часов. То же расстояние автомобильными дорогами можно преодолеть в 14 раз быстрее, а железными – в 7 раз.

Из всего вышесказанного делаем вывод, что для эффективной реализации пути Е40 нам нужно повысить классность судов.

Для этого нам понадобится строительство новых плотин на реке Припять, а также огромный объем работ по углублению дна.

Все эти действия помогут повысить рентабельность водного транспорта в Республике Беларусь, но потребуют огромных затрат из государственного бюджета, а также привлечения инвестиций со стороны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь: сайт. – URL: <https://www.mintrans.gov.by/> (дата обращения: 29.04.2023)
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: сайт. – URL: <https://www.belstat.gov.by/> (дата обращения: 29.04.2023)
3. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА «Транспортный комплекс» на 2021 – 2025 годы, утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 23.03.2021 № 165

УДК 369.2

А.А. Скачко, С.И. Охремчик

Белорусский национальный технический университет,

СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

Научный руководитель – ст. преподаватель И.В. Недашковская

Солнечные панели – это фундаментальный элемент для производства экологически чистой энергии. Используемые в хозяйстве, на коммерческих объектах и на электростанциях по всему миру, они также являются жизненно важным источником энергии для яхт на солнечных батареях. Благодаря значительному прогрессу, достигнутому за последние годы, фотоэлектрические технологии становятся естественным источником энергии с большим потенциалом.

Солнечные панели изготавливаются из фотогальванических элементов, которые преобразуют солнечный свет в электрическую энергию. Фотоэлементы имеют положительный и отрицательный слои, создавая электрическое поле (рис. 1). Как правило, они изготовлены из монокристаллического кремния. Это полупроводник, способный вырабатывать энергию при нагревании,

посредством «фотоэлектрического эффекта» (процесса преобразования фотонов в напряжение).

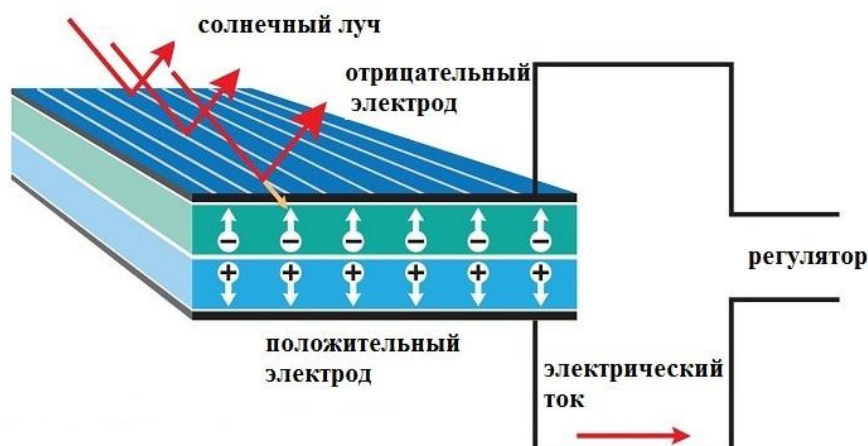


Рисунок 1 – Принцип работы фотоэлемента

Несколько фотоэлементов, соединенных между собой, образуют солнечную батарею (рис. 2). Чем больше панелей, тем больше энергии может быть выработано.

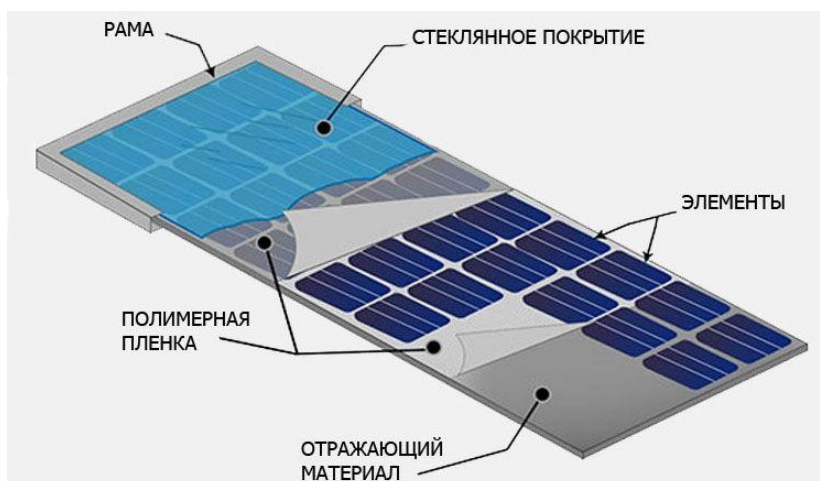


Рисунок 2 – Строение солнечной батареи

Благодаря фотоэлектрическим элементам солнечные панели поглощают солнечное излучение для генерации постоянного тока (DC). Когда солнечный свет попадает на фотоэлемент, образуется вентильная фото-ЭДС, в результате чего возникает разность потенциалов и ток электронов, который захватывается проводами и направляется на инвертор. Инверторная технология затем используется для преобразования его в переменный ток (AC), готовый для питания бытовой техники.

Солнечные панели устанавливаются на крыше, палубе, верхней части кабины и других изогнутых поверхностях (рис. 3).



Рисунок 3 – Солнечные панели установлены на крыше катера

Солнечная энергия для яхт и катеров - это хороший способ пополнить мощность постоянного тока в аккумуляторной системе лодки. Солнечные батареи поддерживают или заряжают аккумуляторы яхты, когда отключены от береговой сети. Большие панели также заряжают батареи и производят достаточное количество энергии для электроприборов, например, инвертор, используемый для производства электроэнергии переменного тока.

Солнечные панели в пасмурную погоду или при рассеянном свете функционируют, но производительность зависит от плотности облака. Это один из результатов нынешнего развития технологий: батареи строятся так, чтобы отдавать максимально больше электричества в любых погодных условиях (кроме ночи, разумеется).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – Саратов: Профобразование, 2017. – 144 с.
2. Солнечные батареи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dimker.by/power_system/energy_solar/. – Дата доступа: 25.04.2023.

Н.А. Махнач, А.М. Мезенцев, С.И. Охремчик

Белорусский национальный технический университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 3D – МОДЕЛЕЙ СОСТАВОВ СУДОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В РЕЖИМАХ ТОЛКАНИЯ И БУКСИРОВКИ

*Научные руководители профессор, д.т.н. И.В. Качанов, доцент, к.т.н.
В.А. Ключников, ассистент С.А. Ленкевич, ст. преподаватель В.В. Власов*

Гидромеханика в настоящее время не позволяет теоретически предсказать с требуемой для практики точностью геометрию обводов корпуса судна, кинематические и динамические характеристики потока вблизи поверхности судна и его сопротивление. Для количественных оценок этих характеристик используется модельный эксперимент на созданных 3-D моделях судов.

Для определения гидродинамических характеристик существующих барже-буксирных составов в ОАО «Белсудопроект» были разработаны цифровые модели судов исследуемого барже-буксирного состава (буксир-толкач проекта №570 и баржа проекта №775), а также в БНТУ были разработаны модели с оптимизированными обводами корпуса баржи для улучшения технологичности конструкции носовой части корпуса без ухудшения или с повышением показателей по сопротивлению движению судна, которые в последствии были напечатаны в БНТУ на 3D-принтере марки Premier-3D N1.

В первом варианте модернизации разрабатывались носовые части корпуса баржи с сохранением габаритных размеров корпуса и отношения габаритных длины и ширины $L/B = 7,3$ для последующего сравнения гидродинамических характеристик с прототипом – баржа проекта 775.

Второй вариант модернизации предполагал разработку моделей с повышением грузоподъемности баржи путем увеличения габаритных размеров корпуса судна и отношением $L/B = 5,43$ (с учетом ограниченной осадки несамоходных судов (барж) внутреннего плавания). Причем, при проектировании учитывалась возможность использования составных частей баржи проекта 775 в качестве донора при формировании корпуса баржи нового проекта.

Далее изготовленные 3D-модели барже-буксирного состава были испытаны на сопротивление их движению в гидродинамическом лотке в

гидравлической лаборатории кафедры «Гидротехническое и энергетическое строительство, водный транспорт и гидравлика».

Принимая во внимание габаритные ограничения лотка для проведения испытаний был выбран оптимальный масштаб моделей, равный 1:100. Создание цифровых моделей производилось в выбранном масштабе.

Также, разработка 3D-моделей производилась с учетом плотности материала для последующей 3D-печати с получением правильной развесовки судна, с целью обеспечения на спокойной воде посадку судна в грузу (в соответствии с масштабом) прямо и на ровный киль и исключить дифферент на его оконечности.

На рисунке 1 представлены варианты сборки с заменяемыми носовыми и неизменной кормовой частями для варианта №1.

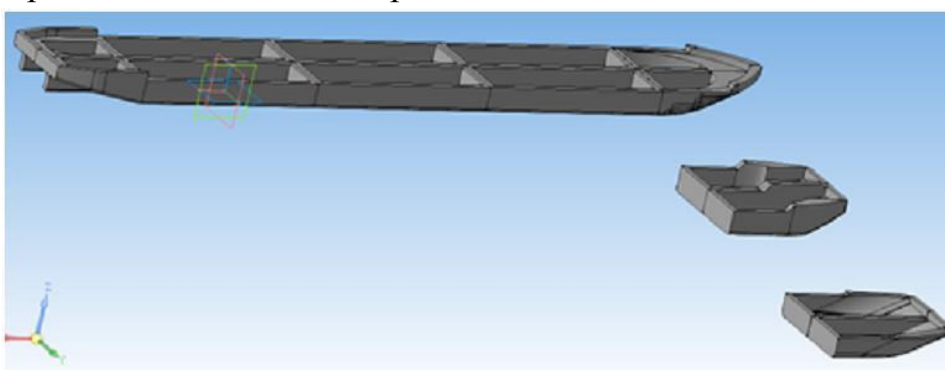


Рисунок 1 – Внешний вид 3D-модели варианта №1 в сборе и сменные части носовых оконечностей

На рисунке 2 представлены варианты сборки с заменяемыми носовыми и кормовой частями для варианта №2.

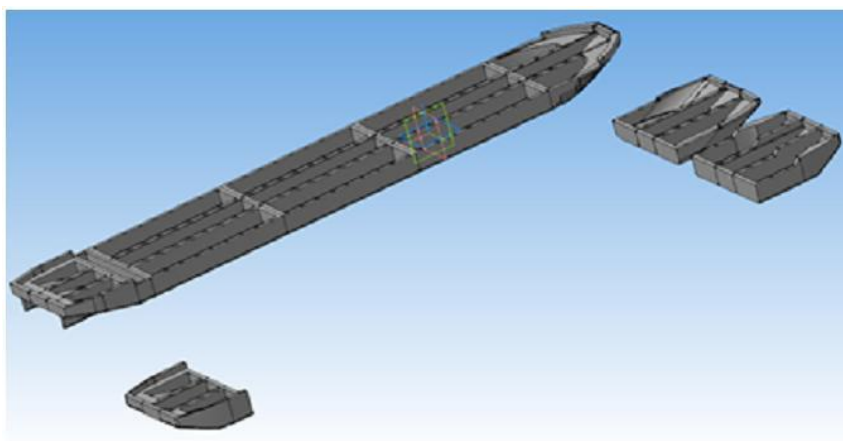


Рисунок 2 – Внешний вид 3D-модели варианта №2 в сборе и сменные части носовых и кормовых оконечностей

На рисунке 3 схематично представлены варианты размещения баржи в лотке относительно измерительного комплекса.

На схеме, представленной на рисунке 3, а) модель баржи соединяется с измерительной штангой посредством гибкой сцепки (нитки), и сама модель свободно колеблется на воде. Данная схема предназначена для экспериментальных исследований влияния изменения геометрии обводов и отношения L/B корпуса баржи в режиме буксировки.

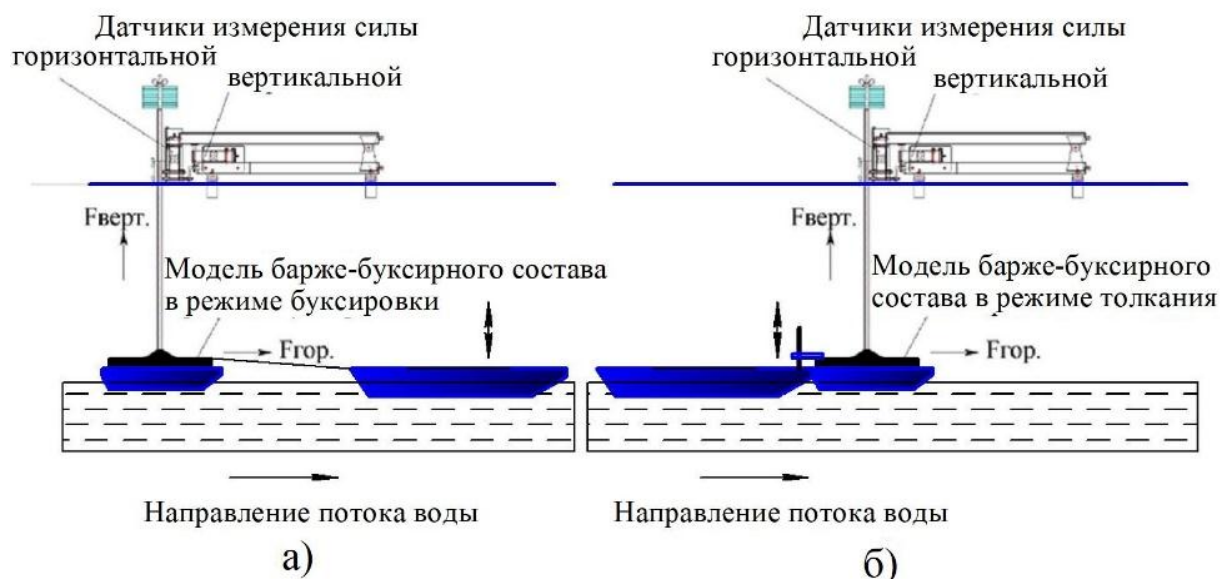


Рисунок 3 – Схемы измерения силового воздействия потока воды на модели корпуса судна и внешний вид расположения датчиков измерительного комплекса

На схеме, представленной на рисунке 3, б) модель баржи соединяется с измерительной штангой посредством полужесткой сцепки в виде пластины, которая жестко закреплена на измерительной штанге, а с баржей соединяется посредством двух цилиндрических направляющих, установленных на корме баржи и сама модель свободно колеблется на воде в вертикальном направлении. Данная схема предназначена для экспериментальных исследований влияния изменения геометрии обводов и отношения L/B корпуса баржи в режиме толкания.

Экспериментальные исследования моделей барже-буксирных составов проводились с целью оценки сил сопротивления движению при различных вариантах конструктивных параметров корпуса баржи с дальнейшим выбором его оптимальных параметров (формы обводов носовой части и отношения L/B), соответствующих минимальному сопротивлению движения.

В исследованиях, в качестве критерия подобия был выбран критерий Фруда. Для оценки изменения сил сопротивления движению были выбраны три скорости состава с шагом относительно расчетной скорости $v = 2$ км/ч, что позволило для проведения исследований в гидродинамическом лотке выбрать

следующий диапазон скоростей движения составов в реальных условиях водотока: 6 км/ч, 8 км/ч и 10 км/ч.

Исходя из выше сказанного, число Фруда, для трех выбранных значений скоростей движения состава соответственно составило: $Fr_6 = 0,062$, $Fr_8 = 0,083$, $Fr_{10} = 0,104$. Тогда средние скорости обтекания потока жидкости корпуса модели в гидродинамическом лотке при моделировании будут равны: $v_6 = 0,16$ м/с, $v_8 = 0,22$ м/с, $v_{10} = 0,27$ м/с.

Для сравнительного анализа в режиме толкания использовались результаты экспериментальных исследований для отношения $L/B = 7,3$ и для отношения $L/B = 5,43$ с различными типами обводов. По экспериментальным данным были построены графические зависимости, представленные на рис. 4.

Из анализа графиков видно, что для отношения $L/B = 5,43$ корпуса модели баржи, сила сопротивления движению X больше при всех формах носовой части чем для модели баржи при отношении $L/B = 7,3$.

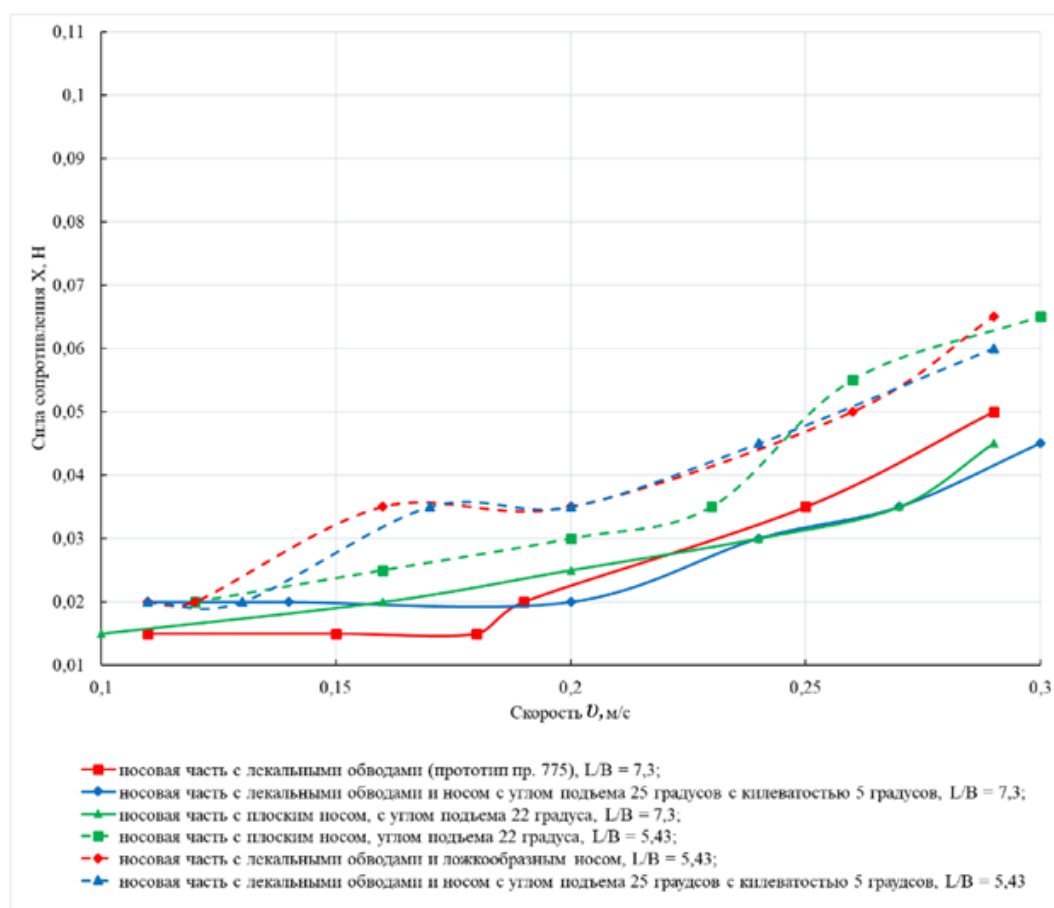


Рисунок 4 – График изменения силы сопротивления движению модели состава в режиме толкания в зависимости от формы носовой части модели баржи, отношения L/B и средней скорости набегающего потока

При рабочих скоростях набегающего потока до 0,22 м/с (эксплуатационная скорость 8 км/час) оптимальные значения демонстрируют обводы с носовой частью с лекальными обводами и килеватым носом и лекальные обводы прототипа – проект 775 при $L/B = 7,3$, а при $L/B = 5,43$ оптимальные значения демонстрируют обводы с носовой частью с плоским носом с углом подъема 22° .

Для сравнительного анализа в режиме буксировки использовались результаты экспериментальных исследований для отношения $L/B = 7,3$ и для отношения $L/B = 5,43$ с различными типами обводов. По экспериментальным данным были построены графические зависимости, представленные на рисунке 5.

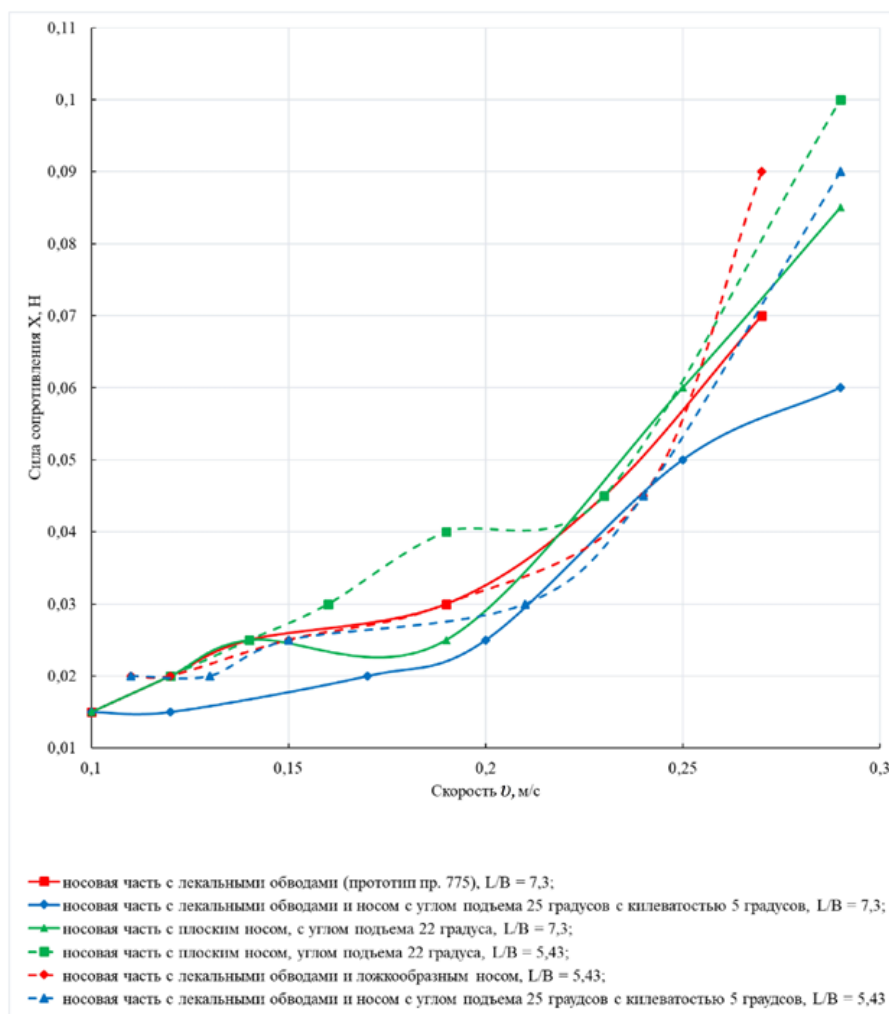


Рисунок 5 – График изменения силы сопротивления движению модели состава в режиме буксировки в зависимости от формы носовой части модели баржи, отношения L/B и средней скорости набегающего потока

Из анализа графиков видно, что при рабочих скоростях набегающего потока до 0,22 м/с (эксплуатационная скорость 8 км/час) оптимальные значения демонстрируют обводы с носовой частью с лекальными обводами и килеватым носом и обводы с плоским носом и углом подъема 22° при $L/B = 7,3$, а при

$L/B = 5,43$ оптимальные значения демонстрируют обводы с носовой частью с лекальными обводами и килеватым носом и лекальные обводы с ложкообразным носом.

Из анализа представленных зависимостей видно, что при малых скоростях (0,16–0,22 м/с) лекальные обводы повышают эффективность движения состава даже при режиме буксировки. Однако при выходе на рабочие скорости (0,22–0,27 м/с) режим толкания эффективнее для всех типов обводов, а в режиме буксировки сопротивление движению резко возрастает.

Из зависимостей видно, что при выходе на рабочие скорости (0,22–0,27 м/с) режим толкания эффективнее порядка на 25 – 40 % в сравнении с буксировкой для обоих составов.

УДК 532.59+627.8

А.В. Максимович, И.В. Калиновский

Белорусский национальный технический университет

**ОБ ИНТЕГРИРОВАНИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ПОСТЕПЕННО ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ
ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА В ОТКРЫТОМ РУСЛЕ В УСЛОВИЯХ
ВЫСОКОГОРЬЯ ПРИ ПРОРЫВЕ ПЛОТИНЫ**

*Научный руководитель ст. преп. кафедры «ГЭСВТГ» БНТУ И.М. Шаталов,
М.К. Щербакова*

В реальных условиях высокогорья при прорыве плотины происходит относительно постепенное опорожнение водохранилища, при котором наблюдается падение уровня воды в водохранилище, уменьшение расхода воды в начальном створе и увеличение расхода в конечном сечении прямой отрицательной волны перемещения [1].

Движение воды в теле такой волны перемещения хорошо описывается двумя дифференциальными уравнениями баланса расхода и уравнением динамического равновесия [2].

Решение задачи о неустановившемся движении потока жидкости в открытом русле, как правило, заключается в интегрировании системы двух уравнений: уравнения баланса расхода (т. е. уравнения неразрывности постепенно или плавно изменяющегося неустановившегося движения потока жидкости в открытом русле) и уравнения динамического равновесия (т. е. дифференциального уравнения постепенно или плавно изменяющегося неустановившегося движения потока жидкости в открытом русле).

В работе [1] эта система уравнений представлена в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial l} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0, \\ (i - A Q^2) g = \frac{g}{B} \frac{\partial \omega}{\partial l} + \alpha_0 \frac{\partial v}{\partial t} + \alpha v \frac{\partial v}{\partial l}. \end{cases} \quad (1)$$

где Q – объемный расход воды, м³/с; ω – площадь живого сечения, м²; v – средняя скорость, м/с; l – длина рассматриваемого участка, м; t – момент времени, с; i – уклон свободной поверхности воды; A – удельное сопротивление русла, с²/м²; AQ^2 – уклон трения $i_{\text{тр}}$; B – ширина русла по поверхности потока, м; α_0 – коэффициент Буссинеска; α – коэффициент Кориолиса.

Учитывая, что $Q = v\omega$, и введя обозначение $(i - A Q^2)g = E$, перепишем систему уравнений в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \omega \frac{\partial v}{\partial l} + v \frac{\partial \omega}{\partial l} = 0, \\ E = \frac{g}{B} \frac{\partial \omega}{\partial l} + \alpha_0 \frac{\partial v}{\partial t} + \alpha v \frac{\partial v}{\partial l}. \end{cases} \quad (2)$$

В результате решения системы уравнений определяются две основные функции: $Q = f_1(l, t)$ и $\omega = f_2(l, t)$. Зная эти функции, в практических расчетах можно определить основные параметры (или характеристики) потока: среднюю скорость – $v = f_3(l, t)$ и глубину – $h = f_4(l, t)$ в любом створе потока и далее построить мгновенный профиль свободной поверхности потока или волны перемещения.

Интегрирование системы уравнений (2) в общем случае представляет достаточно большие трудности, поэтому в инженерной практике широкое применение нашли методы приближенного интегрирования этих уравнений.

Так как система уравнений (2) относится к классу уравнений гиперболического типа с двумя совокупностями характеристик, эту систему уравнений можно заменить уравнениями соответствующих им характеристик, которые могут быть решены методами приближенного интегрирования. Исследование системы уравнений неустановившегося движения потока в открытом русле и решения их методом характеристических уравнений впервые было проведено С.А. Христиановичем [2].

Для решения практических задач и компьютерного моделирования неустановившегося постепенно или плавно изменяющегося движения воды в условиях высокогорья в виде волны перемещения прямой или обратной,

положительной или отрицательной наиболее применим метод конечных приращений [2]. Подобный метод был использован Томпсоном для расчета прямоугольных русел, который с некоторыми дополнениями и изменениями можно распространить на русла произвольной формы поперечного сечения.

Рассмотрим русло произвольной формы поперечного сечения. Разделим это русло на элементарные участки Δl , в пределах которых площадь живого сечения $\Delta\omega$ будет изменяться постепенно (или плавно). Рассмотрим конкретный элементарный участок, в начальном сечении которого, как и в последующих сечениях, параметры неустановившегося потока (глубины h , скорости v , площади живых сечений ω и т. д.) известны в данный момент времени t и в последующие отрезки времени Δt .

Определим средние значения параметров неустановившегося потока в любом его сечении для отрезка времени Δt :

$$\begin{cases} \bar{\omega} = (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4) / 4, \\ \bar{B} = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) / 4, \\ \bar{R} = (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) / 4, \\ \bar{v} = (v_1 + v_2 + v_3 + v_4) / 4, \\ \bar{C} = (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) / 4, \end{cases} \quad (3)$$

где ω – площадь живого сечения, м²; v – средняя скорость, м/с; B – ширина русла по поверхности потока, м; R – гидравлический радиус, м; C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с.

В системе уравнений (1) неустановившегося постепенно или плавно изменяющегося движения уклон трения $i_{тр} = A Q^2$ на элементарном участке потока Δl можно выразить из уравнения Шези $i_{мп} = \frac{\bar{v}^2}{\bar{C}^2 \bar{R}}$. С учетом того, что для

призматического русла $\frac{\partial \omega}{\partial l} = 0$ и $i = i_0 - \frac{\partial h}{\partial l}$, где i_0 – уклон дна водотока,

уравнение движения системы (1) представим в виде:

$$i_0 = \frac{\bar{v}^2}{\bar{C}^2 \bar{R}} + \frac{\partial h}{\partial l} + \frac{\alpha_0}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\alpha v}{g} \frac{\partial v}{\partial l}, \quad (4a)$$

$$i_0 = \frac{\bar{v}^2}{\bar{C}^2 \bar{R}} + \frac{\partial h}{\partial l} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial l}. \quad (4)$$

Частные производные в конечных приращениях представим в виде:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial h}{\partial l} &= \frac{1}{2} \left(\frac{h_3 - h_1}{\Delta l} + \frac{h_4 - h_2}{\Delta l} \right) = -\frac{h_1 + h_2 - h_3 - h_4}{2\Delta l}, \\
\frac{\partial v}{\partial l} &= \frac{1}{2} \left(\frac{v_3 - v_1}{\Delta l} + \frac{v_4 - v_2}{\Delta l} \right) = -\frac{v_1 + v_2 - v_3 - v_4}{2\Delta l}, \\
\frac{\partial Q}{\partial l} &= \frac{\partial(\omega v)}{\partial l} = \frac{1}{2} \left(\frac{\omega_3 v_3 - \omega_1 v_1}{\Delta l} + \frac{\omega_4 v_4 - \omega_2 v_2}{\Delta l} \right) = -\frac{\omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 - \omega_3 v_3 - \omega_4 v_4}{2\Delta l}, \\
\frac{\partial h}{\partial t} &= \frac{1}{2} \left(\frac{h_2 - h_1}{\Delta t} + \frac{h_4 - h_3}{\Delta t} \right) = -\frac{h_1 - h_2 + h_3 - h_4}{2\Delta t}, \\
\frac{\partial v}{\partial t} &= \frac{1}{2} \left(\frac{v_2 - v_1}{\Delta t} + \frac{v_4 - v_3}{\Delta t} \right) = -\frac{v_1 - v_2 + v_3 - v_4}{2\Delta t}, \\
\frac{\partial \omega}{\partial t} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t} + \frac{\omega_4 - \omega_3}{\Delta t} \right) = -\frac{\omega_1 - \omega_2 + \omega_3 - \omega_4}{2\Delta t}.
\end{aligned} \tag{5}$$

где h_1, h_2, h_3, h_4 – глубина потока в рассматриваемых сечениях за отрезок времени Δt ; v_1, v_2, v_3, v_4 – средние скорости за отрезок времени Δt ; $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ – площади живых сечений за отрезок времени Δt .

Согласно уравнениям (5) уравнения (4a) и (4) в конечных разностях примут вид:

$$i_0 = \frac{\bar{v}^2}{\bar{C}^2 \bar{R}} - \frac{h_1 + h_2 - h_3 - h_4}{2\Delta l} - \alpha_0 \frac{v_1 - v_2 + v_3 - v_4}{2g\Delta t} - \alpha \bar{v} \frac{v_1 + v_2 - v_3 - v_4}{2g\Delta l}, \tag{6a}$$

$$i_0 = \frac{\bar{v}^2}{\bar{C}^2 \bar{R}} - \frac{h_1 + h_2 - h_3 - h_4}{2\Delta l} - \frac{v_1 - v_2 + v_3 - v_4}{2g\Delta t} - \bar{v} \frac{v_1 + v_2 - v_3 - v_4}{2g\Delta l}. \tag{6}$$

Уравнение баланса расхода (или уравнение неразрывности) постепенно или плавно изменяющегося неустановившегося движения потока жидкости в открытом русле системы (1) в конечных приращениях согласно (5) принимает вид

$$-\frac{\omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 - \omega_3 v_3 - \omega_4 v_4}{2\Delta l} - \frac{\omega_1 - \omega_2 + \omega_3 - \omega_4}{2\Delta t} = 0 \tag{7}$$

Уравнения (6a), (6) и (7) позволяют найти параметры h и v неустановившегося потока в любой отрезок времени Δt и в любых сечениях этого потока, а также построить кривую свободной поверхности волны перемещения (прямой и обратной) в условиях высокогорья при прорыве плотины.

Представленный конечно-разностный метод интегрирования дифференциальных уравнений неустановившегося постепенно или плавно изменяющегося движения для определенных отрезков времени $t = \text{const}$ (метод мгновенных режимов или фрагментов) является достаточно приближенным. Однако этот метод наиболее полно отвечает требованиям реальной инженерной практики и позволяет осуществить компьютерное моделирование процесса распространения волны перемещения (как прямой, так и обратной) в условиях высокогорья при прорыве плотины.

Предложенный метод интегрирования дифференциальных уравнений неустановившегося плавно изменяющегося движения по способу конечных разностей будет проверен экспериментально в лабораторных и натуральных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стриганова, М.Ю. Математическая модель пространственно изменяющегося неустановившегося движения потока при прорыве напорных и гидротехнических сооружений в условиях высокогорья / М.Ю. Стриганова [и др.] / Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 1. – С. 48–58. DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-1.48.

2. Богомолов, А.И. Гидравлика / А.И. Богомолов, А.И. Михайлов; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1972. – 648 с.

УДК 369.2

Н. В. Седляр, И. И. Назаров, Н.Я. Шпилевский

Белорусский национальный технический университет

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДОМ

Общие сведения. До недавнего времени в Беларуси существовал диссонанс в определении, какое же здание можно считать энергоэффективным.

Впервые данное определение было упомянуто в Комплексной программе по энергоэффективному строительству жилых домов, утверждённой постановлением Совета министров.

Таким образом энергоэффективным считалось здание с удельным потреблением тепла 60 кВт ч/кв.м в год. Тем не менее после разработки ряда документов по энергоэффективности данное определение было окончательно уточнено.

В настоящее время энергоэффективным считается такое здание, потери тепла которого на отопление составляют не более 40 кВт ч/кв.м в год в ходе

эксплуатации. Соответственно учёные считают, что добиться такого результата можно только за счёт установления в доме системы приточно-вытяжной вентиляции с повторным использованием тепла отработанного воздуха.

Энергосберегающие дома в Беларуси. Подобная поквартирная система была оборудована в первом, построенном в 2007 г. в Минске, экспериментальном многоквартирном доме (рис. 1).

В последующем под руководством Института НИПТИС аналогичные экспериментальные дома были возведены в Витебске (2 дома, 2009 и 2010 годы), Гомеле (1 дом, 2009 г.), Гродно (1 дом, 2009 г.). На данный момент в Беларуси насчитывается более 20 жилых домов, способных экономить потребляемую энергию для своих жителей.

Большую роль в энергоэффективном строительстве многоэтажных жилых домов в Минске сыграла компания «10 УНР-инвест». При строительстве двух домов заказчик установил не поквартирную, а поэтажную систему приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией воздуха. Благодаря этому решению удалось снизить теплопотери на обогрев до 39 кВт ч/кв.м в год.



Рисунок 1 – Первый энергоэффективный дом в Беларуси

В 2016 году была принята новая госпрограмма по строительству энергоэффективного жилья на 2016–2020 годы. Согласно которой в стране планировалось возводить многоэтажные жилые дома высшего класса энергоэффективности В с постепенным переходом на высшие классы А+ и А.

Переходя к наиболее современным решениям следует выделить многоэтажный дом, построенный в Гродно (рис 2).



Рисунок 2 – Современное решение энергоэффективного дома

Заказчиком и генподрядчиком при строительстве объекта выступал ОАО «Гродножилстрой». Дом выполнен из ячеистых блоков, имеет 10 этажей и рассчитан на 120 квартир. Дополнительно к системе вентиляции с повторным использованием отработанного воздуха дом оборудован солнечными батареями и фотоэлектрическими модулями, что позволило снизить расход тепловой энергии на обогрев до 15,5 кВт ч/кв.м в год.

Вывод.

Использование энергоэффективных технологий позволяет существенно снизить расход энергии при строительстве многоэтажных жилых домов нового поколения. При массовом строительстве энергоэффективного жилья государство может экономить на топливе в год более \$7 млн.

Что касается самих жильцов таких энергоэффективных квартир, то они экономят достаточное количество средств на оплате жилищно-коммунальных услуг.

В заключении хочется сказать, что сама идея энергоэффективных технологий, применяемых в гражданском строительстве, удобна и рентабельна, что для государства, что для людей. Жильцы в таких домах смогут сами выбрать для себя комфортную температуру и регулировать её самостоятельно. Наличие в кранах горячей воды будет обеспечено круглогодично независимо от сезонных отключений. Энергоэффективные дома – будущее страны!

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СН 2.04.02–2020. Здания и сооружения. Энергетическая эффективность / М-во архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2020 – 24 с.

А. А. Скачко, А. В. Максимович
Белорусский национальный технический университет

ТЕХНОЛОГИЯ СЕПАРАЦИИ ПУЛЬПЫ В НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ ЛИНИИ ГРУНТОВОГО НАСОСА ЗЕМСНАРЯДА

Научные руководители: И. М. Шаталов, К. В. Хвилько

Осуществление дноуглубительных работ на внутренних водных путях Республики Беларусь является необходимым условием для обеспечения судоходства пассажирских и грузовых судов. Эти работы осуществляются специальными плавучими дноуглубительными земснарядами, предназначенными для подводной разработки грунта. В организациях внутреннего водного транспорта Республики Беларусь эксплуатируется около 30 таких машин. Дополнительно указанные земснаряды выполняют работы по добыче песка со дна рек и озер для обеспечения потребностей строительства и других отраслей промышленности.

Общий объем грунта, извлекаемый в Республике за период навигации, составляет около 800 000 м³. Извлекаемый природный песок разнороден по своему зерновому составу. В большинстве случаев он не отвечает требованиям, предъявляемым действующими стандартами к пескам, предназначенным для приготовления бетонных и растворных смесей. Чтобы получить из них доброкачественный заполнитель бетона нужно, как правило, удалить из песка вместе с глиной и илом излишнее количество фракций мельче 0,16 мм., для этого необходима дополнительная обработка природного песка, его сепарация, которая осуществляется в специальных аппаратах. Анализ существующих конструкций гидравлических классификаторов гидросмесей, гидроциклонов, спиральных аппаратов показал невозможность их использования непосредственно на земснарядах ввиду больших габаритов, металлоемкости и невозможности получения готового, товарного песка без дополнительной обработки.

На кафедре ГЭСВТГ БНТУ была разработана инновационная отечественная энергосберегающей технологии сепарации пульпы с использованием винтовой структуризации потока в нагнетательной линии грунтового насоса земснаряда.

Предложенная технология автоматической сепарации пульпы, при которой обеспечивается движение потока пульпы по напорному трубопроводу с верхней критической скоростью с последующим разделением потока под действием центробежной силы на две струи, отличается от существующей технологии тем, что предварительно после прокачки по напорному трубопроводу осуществляют прокачку пульпы через овальное сечение с распределением под действием центробежных сил потока на две зоны: внешнюю и внутреннюю, с последующим разделением потока на две струи, содержащие соответственно товарную пульпу и обедненную с включениями

граничных фракций, при этом текущая корректировка гранулометрического состава пульпы в каждой струе производится с помощью поворотных заслонок с независимыми приводами. Устройство для реализации предложенной технологии представлено на рисунке 1.

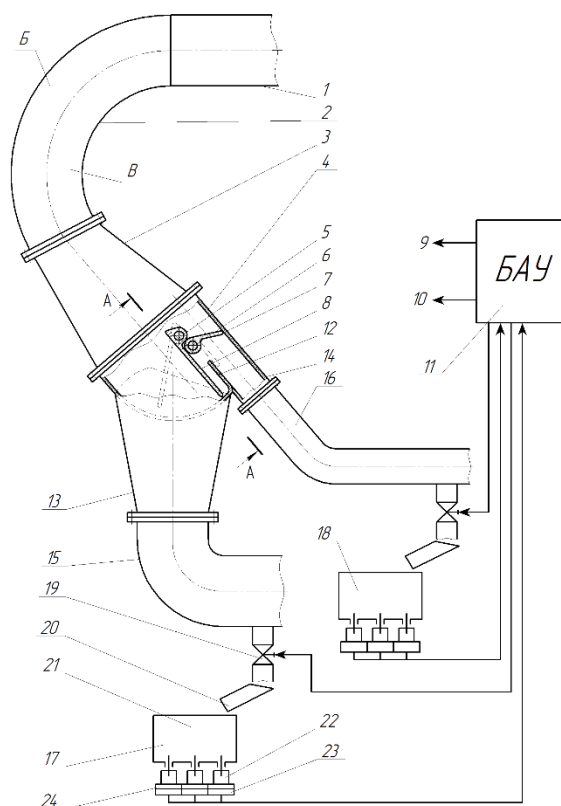


Рисунок 1 – Схема устройства для реализации способа автоматической сепарации пульпы

Устройство состоит из напорного горизонтального трубопровода 1, подающего пульпу в сепаратор 2. сепаратор 2 присоединяется к расширительному патрубку 3, который соединён с корпусом 4. В корпусе 4 на валах 5, 6 установлены две поворотные заслонки 7,8. Валах 5,6 связаны с приводами 9, 10 управляемыми блоком 11 анализа и управления (БАУ). В корпусе 4 выполнены перегородка 12, патрубков 13 для выхода кондиционной пульпы и патрубков 14 для выхода некондиционной пульпы.

Патрубок 13 соединён с трубопроводом 15 подающим товарную пульпу на загрузку в баржу, а патрубок 14 соединён с трубопроводом 16 для отвода некондиционной пульпы в гидроциклон (на рисунке 2.2 не показан). Контроль углового положения поворотных заслонок 7, 8 и их поворот производится с управляющего блока 11 анализа и управления.

Устройство работает следующим образом. Грунтовый насос (на рисунке 1 не показан) подаёт пульпу по напорному горизонтальному трубопроводу 1 с верхней критической скоростью, при которой все фракции в потоке находятся во взвешенном состоянии, в поворот овальной формы 2. Под действием центробежной силы в повороте 2 частицы пульпы неравномерно

распределяются по сечению потока, что приводит к разделению пульпы на две зоны, внешнюю Б и внутреннюю В. Угол изгиба поворота 2 способствует эффективному разделению потока пульпы по фракциям, при этом более крупные и тяжёлые частицы (концентрированная пульпа с крупными, средними и кондиционными мелкими- граничными фракциями песка) перемещаются во внешнюю зону Б, а мелкие и граничные фракции смещаются во внутреннюю зону В. Затем поток пульпы поступает в расширительный патрубок 3, где производится дальнейшее распределение потока пульпы по фракциям. Окончательное разделение потока на две струи по фракциям и по их процентному соотношению производится в корпусе 4, в котором установлены две приводные поворотные заслонки 7, 8, и перегородка 12. Площадь поперечного сечения корпуса 4 разделяется сложными поворотными заслонками 7, 8 и перегородкой 12 в соотношении 1:5 и далее корпус 4 сопрягается с патрубками 13, 14, площадь поперечного сечения которых выполнена в таком же соотношении.

При этом приводная поворотная заслонка 8 регулирует поперечное сечение патрубка 13, предназначенного для отвода товарной пульпы и отделяет, таким образом, внешнюю часть, составляющую по массе 80-85 % от исходного начального потока, содержащую крупные, средние и заданного размера (не менее 0,16 мм) и направляет её в трубопровод 15 для последующей погрузки на баржу (на рисунке 1 не показана). Одновременно с отбором кондиционной товарной массы пульпы осуществляется подача некондиционной пульпы, находящейся во внутренней зоне В потока, струя которой из патрубка 14 направляется в трубопровод 16 и далее в гидроциклон (на рисунке 1 не показан).

Представленное на рисунке 1 устройство было исследовано в гидравлической лаборатории кафедры ГЭСВТГ на специально изготовленном стенде (рисунок 2).

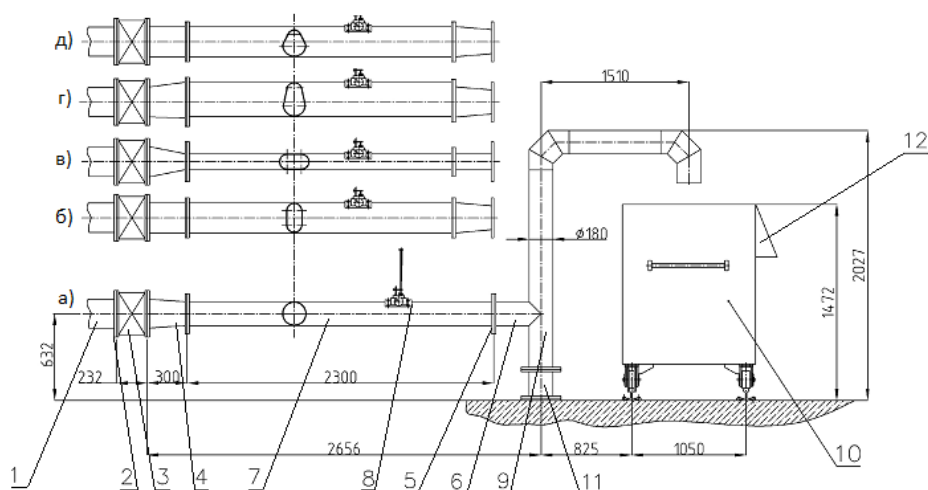


Рисунок 2 – Схема лабораторного стенда для гидравлических исследований устройства для сепарации пульпы

Проведенные информационно-патентные гидравлические исследования позволили:

1. Разработать новый способ сепарации пульпы и устройство для его осуществления, непосредственно на работающем земснаряде.

2. Установить влияние геометрических и гидродинамических параметров на характер изменения эпюры осредненных скоростей по сечению камеры различной конфигурации (круглой, овальной, каплевидной и трапецевидной).

3. Установить, что применение винтовой структуризации потока в нагнетательной линии позволит реализовать ТСП при напоре $H=27$ м; подаче $Q = 0,38$ м³/с и на реализацию ТСП будет затрачена мощность насоса $N = 175,7$ кВт, а работа двигателя будет реализована с расходом горючего 27 л/час.

4. Дать рекомендации по замене действующего насоса 12ГрУ12 на насос ГРАУ 1600/25.

Результаты проведенных исследований предполагается использовать при разработке новой конструкции нагнетательной линии с сепаратором пульпы грунтового насоса, установленного на земснаряде при добыче речного песка в районе г. Пинска и г. Бобруйска.

УДК 369.2

Д.О.Фещенко, В.С. Устюжанина, М.А. Максимчук
Белорусский национальный технический университет,

ПЛАВУЧАЯ БУРОВАЯ УСТАНОВКА

Научный руководитель – ст. преподаватель А.Н. Кондратович

Строительство почти любого объекта связано с исследованием грунта, на котором будет построен планируемый объект. В связи с этим производится бурение инженерно-геологических скважин. От результатов исследований зависит выбор планируемого сооружения, его параметров, тип и конструкция фундамента. Такие геологические операции осуществляются при помощи самоходных колёсных или гусеничных буровых установок, работающих на суше.

Однако строительство инженерных сооружений производится не только на суше, но и на воде (дамбы, плотины, судоходные шлюзы, и др.). В таком случае, пробы грунта для исследований берутся при помощи плавучих буровых установок.

Плавучая буровая установка представляет собой плавучую платформу с смонтированным на ней буровым оборудованием, прежде всего – буровым станком. Основное её назначение – бурение скважин под водой и исследование разрабатываемого грунта на дне водных объектов.

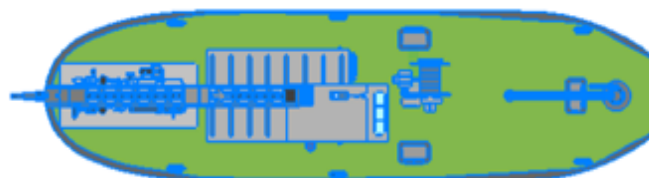
Современные плавучие буровые установки класса «Р» являются самоходными, что позволяет им самостоятельно перемещаться от одного планируемого объекта к другому. Габаритная длина судов данного назначения и класса не превышает 20 м. Глубина бурения – до 50 м.

Чаще всего такие самоходные суда эксплуатируются на реках, озёрах, водохранилищах и каналах при строительстве мостов и гидротехнических сооружений. Также данный тип судов оказывается полезным перед началом дноуглубительных работ, или определением участка реки для добычи песка, ведь от рода грунта и его характеристик зависит выбор типа дноуглубительного снаряда.

Таким образом, плавучая буровая установка является незаменимым судном-помощником перед началом строительства серьёзных и ответственных инженерных сооружений на акватории водного объекта.

Главные размеры и основные характеристики:

Длина габаритная	$L_{гг} = 16,10 \text{ м};$
Длина по КВЛ	$L_{кв} = 14,61 \text{ м};$
Ширина габаритная	$B_{гг} = 3,90 \text{ м};$
Ширина на мидель-шпангоуте	$B_{м} = 3,80 \text{ м};$
Высота габаритная (от ОП)	$H_{гг} = 4,80 \text{ м};$
Высота борта на	$H = 1,00 \text{ м};$
Осадка средняя	$T = 0,50 \text{ м};$
Экипаж	2 человека;
Мощность двигателя	$N = 76 \text{ лс.};$
Водовытеснение	$D = 21,35 \text{ т.}$



Плавучая буровая установка

Содержание

«Технология возведения промышленных зданий и сооружений способом «сухая» и «мокрая» стена в грунте» Я.А. Пашкевич, К.Д. Соколдынская	3
«Бизнес-планирование развития судостроительной верфи» Студенты гр.11006119 Т.Д. Акименко, И.В. Кривцов, А.Д. Криулька Научный руководитель – ст. преподаватель И.В. Недашковская	6
«Возможные пути решения проблем водного транспорта и повышения его рентабельности» Студенты гр.11006121 А.А. Сахарчук, И.Д. Лохан Научный руководитель – ст. преподаватель И.В. Недашковская	11
«Солнечные панели на водном транспорте» Студенты гр.11006121 А.А. Скачко, С.И. Охремчик Научный руководитель – ст. преподаватель И.В. Недашковская	13
«Экспериментальные исследования 3D – моделей составов судов, эксплуатируемых в режимах толкания и буксировки» Студенты гр.11006121 Н.А. Махнач, А.М. Мезенцев, С.И. Охремчик Научные руководители профессор, д.т.н. И.В. Качанов, доцент, к.т.н. В.А. Ключников, ассистент С.А. Ленкевич, ст. преподаватель В.В. Власов	16
«Об интегрировании дифференциальных уравнений неустановившегося постепенно изменяющегося движения потока в открытом русле в условиях высокогорья при прорыве плотины» А.В. Максимович, И.В. Калиновский Научный руководитель ст. преп. кафедры «ГЭСВТГ» БНТУ И.М. Шаталов, М.К. Щербакова	21
«Энергосберегающие строительные системы. Энергоэффективный дом» Н. В. Седляр, И. И. Назаров, Н.Я. Шпилевский	25
«Технология сепарации пульпы в нагнетательной линии грунтового насоса земснаряда» Студенты: А. А. Скачко, А. В. Максимович, Научные руководители: И. М. Шаталов, К. В. Хвилько	28
«Плавучая буровая установка» Д.О.Фещенко, В.С. Устюжанина, М.А. Максимчук, Научный руководитель ст. преп. А.Н. Кондратович	31