

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ НАПЛАВНЫХ МЕГА СООРУЖЕНИЙ

**Линейцев Алексей Алексеевич**

магистрант, Дальневосточный Федеральный Университет, РФ, г. Владивосток

**Аннотация.** В статье автор раскрывает последовательность действий при разработке наплавных мега сооружений, также описываются основные проблемы, с которыми сталкиваются проектировщики при проектировании таких сооружений, что нужно учитывать и какие нормативные документы применяются для расчетов.

**Ключевые слова:** наплавные мега сооружения, понтон, размер, применение, Север, соединение, якорение, норматив, нагрузки, ISO

Разработка наплавных мега сооружений является одной из самых перспективных задач для освоения Севера, продвижения нефтедобывающей промышленности, а также эффективного использования прибрежных морских площадей.

В целом, задачи под которые могут использоваться наплавные мега сооружения не ограничиваются вышеперечисленными. Поэтому в первую очередь следует понимать, что и каких размеров можно расположить на плавающих понтонах. И возникает задача выбора предельных габаритных размеров плавающих понтонов исходя из текущих возможностей производства, а также типов и размеров возводимых на понтонах сооружений.

Для определения предельных габаритных размеров понтонов, нужно знать какие конструкции и сооружения будут возводиться и в последствии функционировать на этих понтонах.

Понтоны разрабатываются для применения в различных целях, однако следует учитывать, что современные тенденции экономики и производства направлены на покорение Севера, где активно ведутся исследования суровой Арктической природной среды, действующей на сооружения, рассматриваются проблемы обледенения и воздействия ледовых масс на опоры и основания сооружений. Так же данная область богата полезными ископаемыми, в частности нефтегазовыми месторождениями.

Важным для освоения Арктики является мобильность человеческих ресурсов, техники и прочих материалов. Для этого идеально подходит самолетный транспорт, но для них требуются специализированные зоны, где воздушная техника сможет производить взлетно-посадочные операции, операции погрузки/разгрузки различного сырья и техники, а также иметь возможность своевременного технического обслуживания. Такими зонами являются аэропорты.

Многие рабочие, которые работают на Севере, работают в основном вахтовым методом. В качестве жилья для персонала могут использоваться быстровозводимые вахтовые поселки. Также в таких поселках могут базироваться складские помещения для хранения средств необходимых для нужд персонала.

Как правило вышеупомянутые рабочие требуются для работы в нефтегазовой сфере. Задача возвести, например, нефтеперерабатывающий завод на Севере, в условиях низких температур

и мерзлых грунтов является крайне сложной. Для более быстрого развертывания НПЗ также можно использовать понтоны.

Проблема загрязнения почвы и огромные территории, замиаемые мусорными свалками, является одной из самых актуальных и «больных» тем в современном обществе. На попытки устранить огромные и постоянно растущие объемы мусора тратятся не менее крупные суммы денежных средств. Для освобождения огромных площадей от мусора можно использовать плавучие понтоны. На таких плавающих свалках, можно установить мусороперерабатывающие заводы, для большей эффективности.

Огромные производственные мощности в сфере энергетики также можно перенести на морскую поверхность. Например, ветряные электростанции вырабатывают огромное количество электроэнергии, не производя никаких выбросов в атмосферу, но в свою очередь занимают не менее огромные площади земной поверхности. Места на суше становятся все меньше, и мест благоприятных для выработки электроэнергии с помощью ветра и того не так много. И идеальным решением являются ветряные фермы, расположенные на понтонах. Понтоны в свою очередь находятся в море и прибрежных зонах, где присутствуют постоянные ветра, что позволит ВЭС работать на максимум.

Исходя из размеров возможных сооружений, которые могут возводиться на понтонах и нынешних производственных мощностей принимаем предельные габаритные размеры понтона, и составляем выборку из унифицированных понтонов.

Дальнейшим шагом в разработке мега понтона стало принятие решения в определении шага продольных и поперечных стенок жесткости. Исходя из мирового опыта проектирования гидротехнических сооружений. Уже достаточно много подобных сооружений. За основу можно брать конструкцию практически любого такого сооружения. Например, можно использовать строение нижней части нефтедобывающей платформы «Беркут». Так же для определения ребер жесткости можно сослаться на нормативные документы по судостроению. В целом, следует отметить, что внутреннее строение понтона задача достаточно индивидуальная, все зависит от назначения и применения будущей конструкции.

Поскольку наплавные мега конструкции являются сборными сооружениями, так как состоят в большинстве случаев из отдельных частей (модулей), следует продумать способы соединения этих частей между собой.

Для этого уже в мире существует достаточно много разработок стыкующих элементов.

Например:

1. Соединение с помощью швартовых тумб;
2. Соединение по принципу «защелки-лягушки» с использованием каната;
3. Трубчатое соединение;
4. Петлевое соединение;
5. Соединение защелкиванием с использованием пружины.

### **Соединение с помощью швартовых тумб.**

Соединение понтонов осуществляется с помощью канатов, намотанных на тумбы. Канаты натягиваются до необходимых усилий с помощью лебедок. На стыке соединения двух понтонов укладываются ж/б плиты на выступающие консоли понтонов для обеспечения полностью горизонтальной поверхности (рисунок 4). Плиты раскладываются с деформационным зазором с каждой стороны, поскольку могут возникать небольшие перемещения понтонов друг относительно друга. Расположения тумб в нишах позволяют скрыть их из виду и обеспечить свободное пространство. Тумбы находятся выше ватерлинии и в случае необходимости могут быть облужены.

Такой способ соединения, при сильном натяжении канатов, практически полностью исключает горизонтальные перемещения понтонов относительно друг друга во всех направлениях.

## **Соединение по принципу «защелки-лягушки» с использованием каната.**

Принцип работы такого замка в точности такой же, как и у обычного знакомого нам всем «замка-лягушки», например, на чемодане или кейсе (рисунок 1). Только вместо металлического изогнутого стержня используется канат.



*Рисунок 1. Замок «защелка-лягушка»*

## **Трубчатое соединение.**

Соединение с помощью толстостенных труб позволяет предотвратить вертикальные и горизонтальные перемещения понтонов друг относительно друга, за исключением горизонтальных перемещений в направлении «друг от друга».

Каждый такой узел состоит из трех толстостенных труб и трех их приемников, также состоящих из толстостенных стальных труб. Трубы и их приемники зафиксированы закладными элементами. Закладные элементы завязаны в арматурный каркас и затем залиты бетоном.

При стыковке соседних понтонов рабочие трубы направляются в приемные воронки. После их попадания в воронки они автоматически, в процессе сближения понтонов, направляются в приёмные трубы. Рабочие трубы входят в приёмные до тех пор, пока отбойники одного понтона не упрутся в другой.

## **Петлевое соединение.**

К закладным элементам, расположенных на днищах понтонов, с помощью болтового соединения, крепятся стальные петли. В них вставляется толстостенная стальная труба. Для предотвращения выскальзывания толстостенной стальной трубы из петель один ее конец загибается, а во втором выполняется технологическое сквозное отверстие для последующей установки в него стопорной пружины. За счет этого перемещение или выскальзывание стального стержня исключается.

## **Соединение защелкиванием с использованием пружины.**

При стыковке понтонов друг с другом подпружиненные металлические «губки», расположенные на стальных стержнях, упрутся в ограничители, при дальнейшей стыковке понтонов губки скользят по этим элементам и далее, с помощью пружины, защелкиваются.

Дальше ограничителей губки пройти не могут, поскольку между понтонами расположены отбойные устройства. Пружины предварительно могут быть сжаты стяжками пружин для облегчения процесса сопряжения понтонов.

Для достижения неподвижности понтонов относительно друг друга необходимо использовать не один из предложенных способов соединений по отдельности, а комбинацию из них. Также для обеспечения постоянного местоположения соединённых понтонов в единой конструкции необходимо применить систему якорения.

Расчет системы якорения одна из важнейших задач при разработке понтонов, поскольку от прочного и эффективного фиксирования мега конструкции на одном месте зависит целостность возведенных на нем конструкций, а также безопасность окружающих объектов и его самого.

Расчеты можно производить, руководствуясь нормативными документами ГОСТ-228-79, ВСП 33-01-99, СТО НОСТРОЙ 2.30.154-2014. Опираясь на размеры понтона и приложенные на него внешние нагрузки, производится подбор калибра цепи, их количество и марка якоря.

Также при расчетах следует учитывать специфику района применения мега конструкций. Так в особо ветренных районах следует учитывать большие волновые нагрузки на плавучие понтоны, в условиях Севера – нагрузки ледовых масс, которые можно рассчитать, используя международные нормы ISO 19906, и так далее.

#### **Список литературы:**

1. ISO 19906:2019 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/65477.html> (дата обращения 18.05.2021).
2. Гидротехнические работы. Системы удержания сооружений в месте эксплуатации. Правила и общие требования к производству и приемке работ по монтажу и установке [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293744/4293744447.htm> (дата обращения 18.05.2021).
3. Инструкция по расчету и проектированию якорных систем плавучих объектов ВМФ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://gostrf.com/normadata/1/4293827/4293827479.pdf> (дата обращения 18.05.2021).
4. Тумбы швартовые морские. Технические условия [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://dokipedia.ru/document/5167561> (дата обращения 18.05.2021).
5. Цепи якорные с распорками [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012481> (дата обращения 18.05.2021).