РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА БУКСИРА

Курсовой проект

**Введение**

**Буксирские суда** – обширная и разнообразная категория судов морских и внутреннего плавания. Они служат для линейной и внутрипортовой транспортировки несамоходных судов и плавучих сооружений, для ввода в порты, вывода, перестановок в портах крупных транспортных судов, для формирования и проводки через шлюзы и каналы крупнотоннажных толкаемых и буксируемых составов из барж или секций, для оказания помощи судам, терпящим бедствие, для тушения пожаров и многих других целей.

Буксирские суда эксплуатируются на водных бассейнах всех стран мира. Акватории, на которых они работают, включают все виды водных путей от океанов и малых рек. Разнообразны гидрометеорологические условия, в которых приходиться работать буксирным судам.

Разнохарактерность выполняемых работ и разнообразие условий плавания вызывает потребность в буксирных судах, имеющих различные мореходные качества и эксплуатационные технические характеристики. Это в свою очередь привело к появлению судов с разными архитектурными и конструктивными решениями.

Наиболее распространенным буксирными судами являются океанские и морские буксиры спасатели, линейные и многоцелевые буксиры, портовые и рейдовые буксиры транспортно – маневрового назначения, а также буксиры с функциями ледоколов и буксировщиков.

Портовые буксиры транспортно – маневрового назначения – суда относительно небольшой мощности с малыми размерами корпуса, с минимальной величиной надводного борта и высокими маневренными качествами. Эти особенности обусловлены тем, что портовые буксиры должны достаточно свободно маневрировать между судами, судами и причалами, проходить под натянутыми швартовными концами, под кормовыми подзорами транспортных судов, т.е. работать в сложной обстановке, характерной для стеснённых портовых акваторий.

Буксиры – кантовщики. Рост в последние годы численности и размерений судов морского и промыслового флота, а также всё возрастающий объём торговли с зарубежными странами повлекли за собой увеличение числа судозаходов в порты страны, а также количества судов, одновременно находящихся в портах.

В результате значительно возросло и усложнилось выполнение кантовочных кормовых буксиров – кантовщиков, обладающих наряду со значительными тяговыми характеристиками более высокими маневренными качествами и малыми габаритами.

Буксиры – кантовщики имеют, как правило, гладкую палубу для удобной работы с буксирными канатами, которые приходиться часто принимать, отдавать и перетаскивать от места подачи их с буксируемого судна, т.е. практически с любой точки палубы к буксирному гаку или битенгам. По той же причине на буксирах – кантовщиках часть палубы в корме и районе буксирного гака предусматривают свободной.

Рейдовые буксиры выполняют буксировочные работы прибрежных морских районах с удалением от порта – убежища до 20 – 50 миль, что не редко обуславливает продолжительное пребывание судна в отрыве от порта. Поэтому при проектировании рейдовых буксиров предусматривается всё необходимое для постоянного проживания экипажа на судне – жилые помещения, камбуз, кладовые провизии и санитарно – бытовые помещения.

Морские линейные буксиры. В нашей стране регулярные морские транспортные буксировки в небольшом объёме сохраняются как в виде чисто морских, так и в виде смешанных типа море – река – море. Первые применяются в тех бассейнах страны, где использование самоходного флота по тем или иным причинам затруднено. Особенно это относится к Дальневосточному бассейну. Здесь перевозки между мелкими портами и портопунктами осуществляется на несамоходных судах из – за ограниченных глубин в прибрежных района. Буксирные суда применяются для буксировки плотов – сигар в Японские порты, также для буксировки барж с местными строительными материалами на морских линиях и в прибрежных районах.

Морские линейные буксиры, имея единое назначение, различаются по своим размерам и мощности. Общими особенностями их является повышенный надводный борт, стандартная или увеличенная седловатость палубы и двухъярусная рубка. Компоновка судовых помещений не отличается от таковой на других буксирах, у которых жилые помещения рассчитаны на полный штат команды.

Морские многоцелевые буксиры – это современные буксирные суда. Помимо выполнения транспортных линейных буксировок они пригодны и для работы в морских портах по обслуживанию крупных судов. Кроме того, они обеспечивают пожарную безопасность обслуживающих судов, что особенно важно при работе с танкерами. Поскольку эти суда оборудованы мощными противопожарными средствами, на них возлагается также выполнение спасательных работ. Морские многоцелевые буксиры имеют меньшие по сравнению с океанскими буксирами – спасателями, но значительно большие по сравнению портовыми и рейдовыми буксирами автономность и дальность плавания. В отличии от океанских буксиров у морских более высокие манёвренные качества.

1. **Общая характеристика судна**

**2. Выбор конструктивного типа судна**

1. **Главные размерения судна и регистровый класс**.

Буксир

L=72,0м

В=12,0м

D=7,2м

d=4,8м

1. **Расшифровка регистровского класса**.

КМ ЛУ4 1 А2

К- корпус

М- механизмы

КМ - судно построено по правилам и под надзором Морского Регистра Судоходства.

ЛУ4- эпизодическое плавание в разреженном мелкобитом льду толщиной до 0,9м.

А2- объем автоматизации механической установки самоходных и несамоходных судов и плавучих сооружений позволяет ее эксплуатацию одним оператором из центрального поста управления без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях.

1 - непотопляемость обеспечивается при затоплении одного отсека.

3) **Определение шпаций судна, разбивка на шпации.**

Согласно «Правил Морского Регистра судоходства» нормальная шпация в средней части судна определяется по формуле:

а = 0,002L + 0.48

а =0.002 х 72,0 + 0,48 = 0,624 мм

Отклонение от нормальной шпации может быть допущено в пределах ± 25%.

Принята для судна поперечная и продольная стандартная шпация: а = 0,7 м. Шпация в пиках принята: а = 0,5 м.



Район возможного положения пиковых поперечных переборок на судне с учётом требований международных конвенций согласно п. 1.1.6 «Правил Морского Регистра судоходства» (стр. 91) форпик составляет 0,05 – 0,08L; для данного судна эта протяжённость составляет 3,6 – 5,76 м. Принимаем протяжённость форпика 10 шпаций: lф = 10шп х 0,5 = 5,0 м.; ахтерпик составляет 0,05 – 0,06L; для данного судна эта протяжённость составляет 3,87 – 4,32 м. Исходя из удобства размещения дейдвудного устройства принимаем протяжённость ахтерпика 8 шпаций: lахт = 8шп х 0,5 = 4,0 м.

# На проектируемом судне район нормальной шпации (700мм) составляет

L1 = L – (lф + lахт)

L1 = 72 – (5 + 4) = 63м.

 =  = 90 шп.

4) **Определение положения мидель – шпангоута:**

L/2 =  = 36 м. Путём подсчёта определяем положение мидель–шпангоута: 52шп.

Район средней части судна: 0,4L = 0.4 x 72 = 28,8 м, а 0,2L = 0.2 x 72 = 14,4м; приближённо по 20 шп (мидель-шпангоут 52шп). Район средней части судна 32 - 74шп.

**5) Выбор конструктивного типа судна, его специфики, обоснование системы набора.**

Проектируя конструкции корпуса, принимаем во внимание характерные признаки, которые непосредственно влияют на прочность и надежность конструкции судна. К таким признакам относятся: количество, расположение и протяженность надстроек, положение машинно-котельного отделения (МКО) по длине судна, установка бортов, поперечных переборок, размеры и общая протяженность помещений и надводного борта.

От высоты надводного борта зависят многие общепроектные характеристики судна, определяющие безопасность плавания и эффективность эксплуатации (непотопляемость, остойчивость, грузоподъемность, экономичность и др.), а от соответствующей надводному борту осадке – размеры и, следовательно, масса элементов конституции (обшивки, балок набора), т.е. масса корпуса.

Высота надводного борта определяется архитектурными и геометрическими факторами (типом, назначением и размерениями судна, протяженностью надстроек, седловатостью, погибью верхней палубы и др.)

Принимаем на проектируемое судно избыточный надводный борт.

Для проектируемого судна открытого типа при длине L = 72,0 м целесообразно принять комбинированную систему набора: верхняя палуба и днище – продольная система, борта – поперечная система набора. Такая система определяет обеспечение устойчивости в перекрытиях верхней палубы и днища, а также высокую степень участия продольного набора в общем продольном изгибе судна, что регламентируется требованиями Морского Регистра судоходства в части обеспечения общей продольной прочности судна.

Верхняя палуба имеет продольный набор, опирающийся на поперечные рамы (поэтому двойные борта позволяют уменьшить влияние рамного набора) для размещения крупногабаритного груза. Бортовые перекрытия судна диктуют применение поперечной системы, что особенно важно для восприятия нагрузки со стороны моря. В трюмных междудонных цистернах размещается топливо и балласт, что связано с обеспечением остойчивости судна при перевозке высокорасположенного груза.

Применение данной системы набора в сочетании с применением низколегированной стали позволяет достичь уменьшения массы металлического корпуса.

**1.2 Общесудовая спецификация судна: СЭУ, устройства, оборудование и др**

Морской буксир – спасатель, буксировщик ПБУ предназначен для оказания помощи судам, потерпевшим бедствие в океанских, морских и прибрежных районах, а также для караванной транспортировки. Судно может выполнять следующие работы: поиск в море судов, терпящих бедствие, и оказание им помощи; буксировку судов любого водоизмещения в порт или укрытие; проводку судов в битом льду; выполнение судоподъемных и водолазных работ при установке и монтаже ПБУ.

Морской буксир построен на класс «Морского Регистра судоходства» 1995г. с подкреплениями корпуса на категорию Л1 с обеспечением всех дополнительных требований к остойчивости морских буксиров.

Судно может принимать 15 т. груза на ВП в корме и до10 т. груза не палубу полубака и сохранять остойчивость при наличии на палубах, надстройках и такелаже до 50 т. льда. Непотопляемость обеспечивается при одновременном затоплении любых двух смежных отсеков для всех случаев эксплуатационной нагрузки судна.

Диаметр циркуляции на полном ходу составляет около пяти длин корпуса судна. Хорошая управляемость буксира обеспечивается наличием двухвальной машинной установки и винтов регулируемого шага.

Для хранения переносного оборудования и материалов, необходимых при оказании помощи судам, на судне имеется два трюма: носовой – для 50т. груза и кормовой – для 120 т. груза. Топливные цистерны позволяют принимать 350 т. основного запаса дизельного топлива и ещё 80 т. за счёт уменьшения груза в трюмах до 90т. Запас пресной воды составляет 90 т. На судне имеется опреснительная установка, производительностью 4,5 т. воды в сутки.

Морской буксир имеет удлинённый бак и развитую среднюю надстройку, не доходящую до бортов.

Носовая оконечность в верхней части завершается фальшбортом. Форштевень судна – наклонный с подрезом ледокольного типа в нижней части, корма крейсерская. Форштевень в нижней части кованый, выше платформы – из листовой стали, ахтерштевень литой.

На судне установлено два становых якоря Холла по 1600 кг. каждый и один кормовой якорь сегментного типа весом 1500 кг. Длина цепи каждого якоря – 220 м. Для обмыва якорных цепей, их выборки в клюзовых трубах имеется специальное устройство.

На буксир установлен руль полубалансирного типа обтекаемой формы со стальным кованым баллером. Управление рулевой электрогидравлической машиной осуществляется из ходовой рубки. Перекладка руля с борта на борт на полном ходу занимает около 30 сек.

На судне имеются три грузовые стрелы. Кормовая стрела грузоподъёмностью 10 т. с вылетом за борт до 2,0 м предназначена для обслуживания кормового грузового трюма, спуска рабочей шлюпки и обеспечения различных водолазных работ на глубинах до 90 м. Две носовые стрелы грузоподъёмностью по 1,5 т. с вылетом за борт около 1,0 м предназначены для обслуживания носового трюма и крепятся к передней стенке надстройки.

На судне имеется специальная система паропровода от отопительного котла для обеспечения паром одновременно четырёх ледоочистителей. При давлении пара в системе от 3,5 до 6,0 кг/см² каждым ледоочистителем за час можно очистить площадь до 30 м² при толщине льда до 30мм.

Энергетическая установка судна состоит из двух 10-цилиндровых дизелей MAN мощностью по 2100 э.л.с. каждый при 275 об/мин, соединённых валопроводом с винтами регулируемого шага. Трёхлопастные винты диаметром 2,5 м имеют съёмные лопасти и выполнены из нержавеющей стали.

Дистанционное управление энергетической установкой и ВРШ осуществляется с главного пульта, расположенного в ходовой рубке. С главным пультом механически связан второй пульт управления, располо- женный на верхнем мостике. Третий пульт дистанционного управления ВРШ, установлен в помещении главных двигателей, производится только с главного пульта управления.

Пуск главных двигателей – воздушный, производится непосредственно у двигателей. Давление пускового воздуха 30 кг/см².

Источниками электроэнергии на судне является 5 дизель – генераторов переменного тока напряжением 380 В. Все генераторы с самовозбуждением и компаундирующим устройством. Питание судовых потребителей 220 В осуществляется с помощью трёх трансформаторов. Для отопления на судне установлен котёл с автоматическим управлением производительностью 700 кг пара в час при давлении 6 атмосфер.

Судно оборудовано автоматической буксировочной лебёдкой с электрогидравлическим приводом мощностью до 25 т. Автоматическое устройство обеспечивает стравливание буксирного троса и выбирание его на барабан со скоростью до 78,5 м/мин. При нагрузке свыше 25 т. автомат выключается. В корме судна имеются специальный битенг и усиленный клюз для снятия судов с мели рывками с помощью стального или капронового троса. Битенг и клюз рассчитаны на рабочую нагрузку 200 т.

Для буксировки цугом при участии нескольких буксиров на полубаке в районе 103 – 106 шп имеются две пары усиленных кнехтов с диаметром труб 500 мм.

На судне имеются две спасательные шлюпки из лёгкого сплава, рассчитанные на 35 человек каждая. Шлюпки оборудованы дизелем мощностью 8 л.с. и развивают не тихой воде скорость хода до 6 узлов.

**1.3 Выбор и обоснование категории марки судостроительной стали**

Для судов с ледовым усилением ЛУ4 расчётная температура атмосферного воздуха Та = - 30º С. Обшивка и набор судов категории ЛУ4 относятся к группе связей I (см. таблицу 1.2.3.7 «Правил Морского Регистра судоходства»). По графику для группы связей I при Та = -30º С и их толщине S = 20÷25 мм должна быть применена сталь категории А 32÷40. Целесообразно, исходя из практики применения судостроительных сталей, применить сталь 09Г2, соответствующей категории Регистра А32. Данная низколегированная сталь широко применяется в корпусных конструкциях всех типов, классов и назначений. Все стали категории А 32÷40 характеризуются по степени раскисления и состояния паковки как нормализованные, спокойные.

Такая сталь более прочная, чем обычная углеродистая сталь. Наиболее существенное снижение металлоемкости конструкции достигается при использовании сталей повышенной прочности. Уменьшение размеров связей из СПП ограничиваются минимально допустимыми толщинами, требованиями к их устойчивости, а также к жесткости перекрытий и корпуса судна. Эффективность использования СПП несколько уменьшается из-за большей относительной коррозии, ухудшения прочностных и пластических свойств со временем и других факторов. Однако, несмотря на отмеченные недостатки и большую стоимость, СПП в судостроении нашли широкое применение при постройке судов не только новых типов и назначений, но и традиционных. С увеличением длины судна и повышения предела текучести СПП относительная экономия металла возрастает.

При проектировании и постройке конструкций корпуса, кроме уменьшения массы металла, необходимо обеспечить всемерное снижение трудоемкости и стоимости их изготовления, последующего ремонта, высокую эффективность в процессе эксплуатации. Стоимость же СПП за тонну по сравнению с обычной углеродистой выше примерно на 20% для стали марки 09Г2. Применение СПП экономически оправдано, если достигнутое уменьшение массы корпуса можно использовать для увеличения грузоподъемности или скорости судна, то есть повышения провозоспособности, или для улучшения других эксплуатационно-экономических показателей.

Согласно Правилам Регистра категория материала имеет предел текучести Rен=315 мПа.

Химический состав стали:











 











 



Сталь марки 09Г2 противостоит воздействию однократных и знакопеременных нагрузок. Качество данной стали определяется её прочностными характеристиками; температурными условиями. Сталь обладает хорошей свариваемостью, возможна сварка в минусовую погоду (до минус 20ºС) Сталь и сварные соединения отвечают требованиям Регистра и иностранных классификационных обществ. Сталь марки 09Г2 обладает хладостойкостью, а также свойствами, необходимыми для работы в условиях коррозионно – механического и эрозионного износа. Сталь марки 09Г2 обладает высокой сопротивляемостью крупными разрушениями.

Для второстепенных корпусных конструкций проектируемого буксирного судна: выгородки, лёгкие переборки и др. могут быть применены обычные углеродистые стали категории А с пределом текучести Rен = 235 – 245 мПа, например ВСт3сп2.

Механические свойства:

Временное сопротивление: Rм=440-590 мПа

Относительное удлинение 22%

**2. Набор корпуса в средней части судна по «Правилам» Морского Регистра судоходства 2003 года**

**2.1 Расчет элементов наружной обшивки**

Корпус судна представляет собой коробчатую металлическую конструкцию, состоящую из наружной обшивки, переборок, настилов палуб и платформ судна, обеспечивающую создание силы плавучести, прочность и возможность размещения людей, грузов, оборудования и вооружения, обусловленных назначением судна.

Наружная обшивка – непроницаемая оболочка корпуса, которая вместе с поддерживающим ее набором образует борта, днище и оконечности судна.

Наружная обшивка, палубный настил и настил второго дна являются основными прочными связями, обеспечивающими общую продольную прочность судна.

Наружная обшивка состоит из поясьев, расположенных длинной стороной вдоль судна. Ширина поясьев от 1,5 до 3,2 метров, а длина до 16 метров. Разбивка наружной обшивки на поясья производиться на чертеже, называемом растяжкой наружной обшивки и представляющим собой развертку наружной обшивки одного борта на плоскость.

Согласно Правилам Регистра расчетная нагрузка определяется по формуле:

Р = Р + Р, кПа, где

Р - расчетное статическое давление кПа.

Р = 10 z, кПа, где

z - отстояние приложения нагрузки от поверхности воды до рассматриваемого элемента. z= d

Р - расчетное давление, обусловленное перемещением корпуса судна относительно профиля волны (волновая нагрузка). Она рассчитывается для подводной и надводной части корпуса судна.

Р = Р - 1,5 С, кПа (ниже КВЛ)

Р =Р  - 7,5 , кПа (выше КВЛ), где

Р  - волновая нагрузка на уровне поверхности воды.

Р  = 5 С , кПа, где

С - волновой коэффициент, определяемый профилем волны, который согласно Правилам Регистра принимается.

С = 10,75 – 

С = 10,75 – =8,76 м.



kw=1; 





Согласно Правилам Регистра  можно принять в упрощенном виде, исходя из смещения мидель-шпангоута: в нос – 0,8

в корму – 0,5

по центру – 0,6

Для проектируемого судна определяем нагрузки на наружную обшивку в пяти точках

* Р = Р + Р, где

z = d = 4,8м

Р = 10 \* 4,8 = 48 кПа

Р  = 5\*8,76 \*0,6 = 26,28 кПА

Р = 26,28 – 1,5 \* 8,76 = 13,14 кПа

Р дн = 48 + 13,14 = 61,14 кПа

* Р = Р + Р, где

z =  = 2,4 м

Р = 10 \* 2,4 = 24 кПа

Р = 26,28 – 8,76 \* 1,5  = 19,71 кПа

Р= 24 + 19,71 = 43,71 кПа

* Р = Р, где

z =  = =1,2 м

Рw = 26,28 – 7,5 \* 1\*1,2 = 17,28 кПа

Р= 17,28 кПа

* Р = Р, где

Р= 

a3 (Для ЛУ4)= 0,33



Сb = 0,78

 м3

Р= кПа

* Р = Р , где

z =  = 2,4 м

Рw = 26,28 – 1,5 \* 8,76 = 19,71 кПа

* **Определение элементов набора наружной обшивки проектируемого судна**.

Толщина наружной обшивки днища должна быть не менее определяемой по формуле согласно Правилам Регистра.

S = m a k  мм, где

m = 22,4

a = a = 0,7 м

k= 0,6

Р = 61,14 кПа

 =  =  =301,3 мПа

 - приращение к толщине элемента набора, учитывающий коррозионный износ на планируемый срок службы конструкции.

 = U(T -12) = 2,4 мм, где

U – среднегодовое уменьшение толщины элемента набора, принимаемое по Правилам Регистра.

U = 0,2 мм/год

Т – планируемый срок службы конструкции.

Т = 24 года

k – коэффициент используемый для определения центра тяжести конструкции.

k = 

Вид сверху.

b – расстояние между флорами

а – расстояние между стрингером и вертикальным килем. b = 2,8, a = 4

k = 

S = 22,4\* 0,7\* 1\*  = 9,5 мм.

Принимаем S = 10 мм.

Толщина наружной обшивки борта должна быть не менее определяемой по формуле согласно Правилам Регистра.

S = m a k  мм, где

m = 22,4

a = a = 0,7 м

k= 0,6

Р = 61,14 кПа

 =  =  =301,3 мПа

 = U (T-12), где U = 0,1 выше КВЛ

U = 0,18 ниже КВЛ

` T = 24 года

* Pвыше квл = 17,28 кПа

мм

мм, Принимаем S = 13 мм.

* Pниже КВЛ = 43,71 кПа

мм

S = 22,4\* 0,7\* 1\*  = 9,9 мм. Принимаем S = 10 мм

Толщина скулового пояса должна быть равна либо толщине обшивки днища, либо толщине обшивки борта, зависимости что больше.

Принимаем Sск.п=13 мм

Толщина горизонтального киля должна быть увеличена по отношению к толщине обшивки днища.

Sг.к = S+  мм, где

 = 0,03L+ 0,6 = 0.03\*72 +0.6 = 3 мм

Sг.к = 13 мм

Принимаем Sг.к = 15 мм.

Толщина наружной обшивки во всех случаях согласно Правилам Регистра должна быть не менее:

S = (0,04L + 5,5) мм, где

для 09Г2  = 0,78

S = (0,04 \*72 + 5,5)  = 8 мм

**Размеры горизонтального киля**

Толщина  = 15 мм

Ширина  = 800 + 5L = 800 + 5 \*72,0 = 1360 мм. Принимаем 1800мм

**Размеры ширстрека**

* Толщина выбирается из Sили Sстр, смотря что больше. S = 11 мм
* Ширина ширстрека принимается не более 2000 мм

**Для судов с ледовым усилением корпуса необходимо выполнить расчеты по ледовым нагрузкам.**

Расчеты ведутся в районе В (по длине корпуса) и в районе I (по высоте корпуса). Район переменных ватерлиний для класса ледового плавания Л3.

Принимаем расчеты:

* в районе В (по длине корпуса)
* в районах I (по высоте корпуса) – район переменных ВЛ.

Для класса ледового плавания ЛУ4 расчетные нагрузки

, где

 - расчетное водоизмещение

 - коэффициент принимаемый по таблице Правил Регистра: =0,33

 = 602 кПа

Согласно Правилам Регистра интенсивность ледовой нагрузки в районе В должна быть не менее 350 кПа. Высота распределения ледовой нагрузки на наружную обшивку в районе В принимается

 м, где

С - коэффициент зависящий от угла наклона борта к вертикали по таблицам Правил Регистра.

С = 1

С - коэффициент принимаемый в зависимости от класса ледового усиления. С = 0,30

 = 3,5 по Правилам Регистра

 = 1,05 м – район высоты наружной обшивки борта между КВЛ и БВЛ.

Для того, чтобы определить всю величину ледового пояса необходимо выяснить параметры  и .

Согласно Правилам Регистра  принимается м, h3 принимаем по Правилам Регистра равной h1=0.66м.

Определяем ширину ледового пояса проектируемого балкера:



Принимаем исходя из стандарта проката 2400мм.

Определяем толщину обшивки корпуса в районе ледовых усилений.





P = 602 кПа,

Rен = 315

а = a0= 0.5 м

S = U (T-12) = 3,12 мм

U = 0,26 мм/год



Принимаем  при Л3 равной 16 мм.

**2.2 Расчетные нагрузки на днищевое перекрытие судна и определение его элементов**

**Конструкция днищевого перекрытия** проектируемого судна должна удовлетворять требованиям согласно правилам Регистра морского судоходства:

* + Число днищевых стрингеров каждого борта в средней части длины судна должно быть не менее 2; принимаем для проектируемого судна 2 стрингера. Конструкция днищевого перекрытия должна быть прочной и надёжной, следовательно принимаем конструкцию двойного дна как целесообразную настоящему времени. Для проектируемого судна принимаем конструкцию двойного дна с продольной системой набора.
	+ Устанавливаем в Д.П. вертикальный киль, который в средней части корпуса судна остается непроницаемым и непрерывным. При продольной системе набора двойного дна по обеим сторонам вертикального киля устанавливаем бракеты, которые доводятся до ближайшей профильной балки. Расстояние между бракетами не должно превышать 1,2 м.
	+ Междудонный лист выполняем наклонным и он должен иметь ширину равную:



* + Расположение флоров должно отвечать требованиям: при поперечной системе набора двойного дна расстояние между сплошными флорами не должно превышать 3-5 шпации; принимаем a = 2.8 м. Между сплошными флорами по междудонному листу на каждом шпангоуте должны быть установлены бракеты, доведённые до ближайших продольных балок днища и 2ого дна и приваренных к ним. На днищевых стрингерах устанавливаем в плоскости двойного дна бракеты с одной стороны.
	+ Расположение рёбер жёсткости по стенкам вертикального киля, стрингеров и флоров должно отвечать требованиям Правил Регистра. При продольной системе набора днищевого перекрытия по сплошным флорам должны быть установлены вертикальные рёбра жесткости в плоскости продольных балок днища и второго дна, доведённые до них и приваренные к ним. По непроницаемым флорам устанавливаем вертикальные рёбра жесткости на расстоянии шпации, а по стрингерам и вертикальному килю устанавливаем горизонтальные рёбра жесткости между сплошными флорами, при этом расстояние между ними не должно быть больше шпации. На проектируемом судне устанавливаем следующую конструкцию: одно горизонтальное ребро жёсткости по стенкам вертикального киля, а по днищевым стрингерам – два ребра.
	+ Вырезы и лазы в конструкции днищевого перекрытия должны удовлетворять следующему требованию: для доступа ко всем частям двойного дна должно быть достаточное число вырезов и лазов в стрингерах флорах и в настиле двойного дна. Размеры всех вырезов должны быть стандартными: иметь плавную закруглённую форму диаметром не более  высоты второго дна, либо овальную размерами: длиной равной  высоты второго дна, шириной равной 0,7 расстояние между флорами. Расстояние между кромками вырезов в облегченных стрингерах и флорах должно быть не меньше половины высоты вертикального киля в данном районе.

**2.3 Нагрузки на конструкцию двойного дна**

* + Внешнее давление на конструкцию двойного дна принимаем из нагрузок наружной обшивки днища: Р = 61.14 кПА,
	+ Нагрузки на конструкцию двойного дна изнутри определяются:

**Расчетное давление от штучного груза**

****кПа, где

****6,2 м

****0,65 т/м3

g = 9,81 м3/с

**=** 2,97 м, где

, где x1 определяется из рис.1

рис.1

 = 0,7\*6=4,2м



**Испытательный набор согласно Правилам Регистра**

**,** где

**,**

где - высота водонапорной трубки при испытаниях ****54 кПа

**Испытательный набор на водонепроницаемые флоры, рёбра жёсткости киля, стрингеров, флоров согласно Правилам Регистра**

**,** где

****

**59,63** кПа

**Расчётные нагрузки на балки днища**

**73 кПа**

**Определение высоты двойного дна**

0,92 м

Принимаем 1,0 м.

**Определение связей двойного дна**

1. Толщина стенки вертикального киля определяется по формуле:

, где

=0,92 м

=1,0- высота фактическая

10,46 м

η = 0,78

 = U (T-12) = 2,4

, принимаем S=10 мм.



Принимаем 10 мм и 9 мм соответственно.

1. Толщина стенки сплошных флоров

 мм , где

=0,023\*L+5,8=7,5 м

k=1.45





Принимаем S = 9 мм.

**Непроницаемые участки вертикального киля, стрингера и флора должны иметь толщину не менее:**

S = m a k , где

m = 22,4

a = a = 0,5

k = 0,75

Р =61,14 кПа

 = 301,3

k = 0,77

S = 22,4\*0.5\*0.75\* 

Принимаем S=9мм

**Толщина настила второго дна включая крайний междудонный лист:**

S = m a k , где

m = 22,4

a = a = 0,7

k = 0,75

Р = 72,4 кПа

 = 301,3

k = 1

S = 22,4\*0,7\*0,75

S = 10 мм

=6,61

Принимаем S=8 мм

**Момент сопротивления балок по днищу и настилу второго дна:**

****см², где

= 1,05 см²

 см²

 кН

**Момент сопротивления продольных балок обшивки днища**:

**,** где

= см3

 = 61.14\*0.7\*2.1 = 89.9 кН

W=1.05\*124 =130 см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – полособульбы W = 140 см3, тогда 16а

**Момент сопротивления продольных балок настила второго дна:**

**,** где

= см3



W = 1.05\*109 = 115 см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – полособульбы W = 118 см3, тогда 14б

**Момент сопротивления вертикальных балок по флорам:**

**,** где



=



W=1.05\*38=40 см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – полособульбы W = 45 см3, тогда 10

**Толщина бракет вертикального** киля, днищевого стрингера, скулового пояса должна быть приравнена к толщине сплошных флоров. Размеры бракет должны обеспечивать прочность данной конструкции и должны быть длиной у стрингера и вертикального киля равной a в сечении флоров, и длиною у флоров в сечении стрингеров .

**2.4 Расчетные нагрузки на бортовое перекрытие судна и определение его элементов**

1. **Определение элементов набора бортового перекрытия судна.**
* Момент сопротивления трюмных шпангоутов основного набора.

**** см3, где

= 1,05

см3

кН

P = Р + Р=62, 2 кПа



l = 6,2 м

m = 14,5

k = 1

 = 301 мПа

a = a = 0,7



W=408\*1.05=428 см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – тавр W = 450 см3, тогда 20б

* Момент сопротивления трюмных шпангоутов основного набора (из расчёта на ледовые нагрузки).



P = 600 кПа

b = C3\*C4\* ****

C3 = 0,34

C4 = 1,09

**= <**3,5

b = 1, 9

а = 0,7 м.

l = 6,2 м.

**;<**1,0

****

**;**

Е = 1 при ****

Wк = 1,15

Rен = 315

см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – тавр W = 1500 см3, тогда 32б

**2.5 Расчетные нагрузки на верхнюю палубу**

Конструкция палубного перекрытия.

Палубное перекрытие состоит из листов настила и подкрепляющих ее элементов. Основным набором являются продольные балки и рамные связи, в качестве продольных балок устанавливаем полособульбовый прокат; рамные связи карлингсов ВП и карлингсов люка, перекрестными связями являются рамные бимсы, устанавливаемые в плоскости рамных шпангоутов, подкрепляемые кницами. На палубе устанавливается карлингс люка и концевой люковый бимс. В районе рамного набора (т.е. в плоскости рамных шпангоутов) устанавливаем кницы для комингсов и карлингсов. Размеры люков определяются исходя из размеров судна и отсеков.

2) Нагрузки на палубные конструкции.

* Р = Р\*0,7> Р, где

z = D-d = 7,2-4,8 = 2,4 м

Р  =38,56 кПА

Р = Р - 7,5\*ax\*Zi =26,85 – 7,5 \*1\*3,25 = 20,5 кПа

Р = 20,5\*0,5 = 10,25 кПа

1. Размеры палубных связей.

-Толщина настила расчетной палубы в средней части судов должна быть.

Sв.п. = m a k , где

m=22,4

a=ao=0,7м

k=1,07

kσ=0.6

P=Pв.п.=30 кПа

σn=301,3 МПа

S=U\*(T-12)=1,2 м

T=24т

U=0,1 мм/т

Sв.п.= 6,8 мм

В любом случае Smin согласно П.Р. должна быть не менее чем:

0,04\*L +5мм = 7,88 мм

Принимаем Sв.п. = 8мм.

- Толщина палубного стрингера должна быть равна либо толщине верхней палубы, либо толщине обшивки борта, зависимости что больше. Sск.п=13мм

-ширина палубного стрингера:

b = 5\*L+800<1800

b = 5\*72+800 = 1158 мм.

Принимаем b = 1200 мм.

-Момент сопротивления продольных подпалубных балок должен быть не менее.

**** см3, где

= 1,05

см3

кН

P = 55,3 кПа

m = 12

l = ар.н.=2,1 м

а = 0,7м

k = 0,65  = 301 мПа



W=125,7\*1,05=132 см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – полособульб W = 140 см3, тогда 16а.

-Момент сопротивления рамных бимсов должен быть не менее.

**** см3, где

= 1,05

см3

кН

P = 55,3 кПа

m = 10

l = 2,1 м

а = 6,3 м

k = 0,65

 = 301 мПа



W=892\*1,05=937см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – тавр W =1200 см3, тогда 36а.

-Момент сопротивления карлингсов В.П. принимаем как момент сопротивления рамных бимсов.

**** см3, где

= 1,05

см3

кН

P = 55,3 кПа

m = 12

l = 5,6 м

а = 7,35 м

k = 0,65

 = 301 мПа



W=6636\*1,05=6968 см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – тавр

W =8000 см3, тогда 71а.

Высота фальшборта>1 м.

Принимаем 1м.

Толщина S = 0,025\*L+4,0 = 5,8 мм.

Принимаем 7 мм.

- Момент сопротивления фальшборта:

**** см3, где

= 1,15

см3

кН

P = 0, 2\*L+14 = 15,44 кПа.

m = 2

l =1 м

а = 1,6м

k = 0,65

 = 301 мПа



W=63,1\*1,05=66,3 см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – полособульб W =80 см3, тогда 12а.

**2.6 Расчетные нагрузки на водонепроницаемые переборки и определение их элементов**

Проектируемое судно обеспечивает непроницаемость отсеков переборками. Данная конструкция переборок определяется полотнищами и приваренным к ним набором, который состоит из балок главного направления, вертикальных стоек и рамных стоек. Перекрестными связями набора являются горизонтальные рамы – шельфы или платформы с палубами. Пролет стоек не должен превышать 3,2 метра. Стойки и горизонтальные связи подкрепляются с обеих сторон неравнобокими кницами, выбранные по размерам наибольшей балки. Горизонтальные связи подкрепляются к обшивке второго борта кницами, установленными в горизонтальной плоскости, которые выбираются от профиля этой балки.

**-** Исходя из Правил Регистра, необходимо принять максимальное значение нагрузки, а именно

,кПа

Pи.н.=7,5Zi, кПа

**-** Расчет нагрузок на поясье обшивки переборки.

Нижний пояс, где z1=6,2 м, тогда P1 = 46,5 кПа

Второй пояс, где z2=3,1м, тогда P2=23,25 кПа

Третий пояс, где z3=3,1м, тогда P3=23,25 кПа

**-** Расчет нагрузок на рамные стойки: Pрам.ст.= 7,5Zi, кПа

где zi=6,2 м, тогда Pрам.ст.= 46,5 кПа

**-** Расчет нагрузок на обычные стойки: Pобыч.ст.= 7,5Zi, кПа

где zi =6,2 м, тогда Pобыч.ст.= 46,5 кПа

**-** Расчет нагрузок на шельф: Pшельф.= 7,5Zi, кПа

где zi =6,4 м, тогда.= 48 кПа

Размеры связей переборки - листы

S = m a k , где

m=0,9

a=ao=3,4 м.

k=0,8

kσ=1

σn=301 МПа

S=U(T-12)

T=24т

Uвп=0,12мм

Uнп=0,13мм

Uср.п.=0,12мм

Значения нагрузок принимаем из расчета нагрузок на поясья обшивки переборки.



S1=0,9\*0.8

Принимаем S1=8мм.



S2=0,9\*0.8

Принимаем S2=8мм.

S3=0,9\*0.8

Принимаем S3=7мм.

**-** Момент сопротивления вертикальных стоек (полособульб):

**** см3, где

= 1,05

см3

кН

Обычные стойки:

P1 =46.5 кПа

m = 13

l =6.2 м

а = 0,7 м

k = 0,85

 = 301 мПа



W=131,36\*1,05=137,9см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – полособульб W = 300 см3, тогда 20б.

Рамные стойки:

P1 =46,5 кПа

m = 21

l =6,2 м

а = 3,5м

k = 0,85

 = 301 мПа



W=1164\*1,05=1222,2 см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – тавр

W = 1500 см3, тогда 32б.

**-** Момент сопротивления горизонтальных рамных шельфов (тавр):

**** см3, где

= 1,05

см3

кН

Шельф:

P =48 кПа

m = 21

l =6,4м

а = 3,1 м

k = 0,85

 = 301 мПа



W=1134\*1,05=1190 см3

Принимаем по таблицам судостроительного проката балки – тавр W = 1500 см3, тогда 32б.

**Литература**

1. Барабанов Н.В. Конструкция корпуса морских судов., Судостроение, 1981.

2. ГОСТ 2.101 - 2.105, ГОСТ 2.301 - 2.321. М. Издательство стандартов, 1991.

1. Лазарев В.Н., Юношева Н.В. Проектирование конструкций судового корпуса и основы прочности. Л., Судостроение 1989.
2. Матвеев В.Г. Справочник по судостроительному черчению. Судостроение, 1983.
3. Палий О.М., Бойцов Г.В., Постное В.А., Чувиковский B.C. Справочник по строительной механике корабля. Л., Судостроение, 1982.
4. Правила классификации и постройки морских судов. М. - Л., Транспорт. 1990 (Регистр СССР).

7.Чувиковский B.C. Конструктивно - технологическая прочность и обеспечение надежности корпусных конструкций. Судостроение.