Что такое "местная прочность судна"?

Способность судна воспринимать действующие на него внешние силы без разрушения. Различают общую и местную П.С. Нарушение общей П.С. приводит к разрушению корпуса и, как правило, к гибели судна, местной П.С.- к местным (локальным) повреждениям. При расчете общей П.С. корпус рассматривают как составную пустотелую балку переменного сечения, у которой проверяют как общую продольную, так и общую поперечную П.С. Общая продольная П.С. обеспечивается связями корпуса, идущими непрерывно по всей или значительной части его длины (наружи, обшивка, настилы палуб, продольные переборки, второе дно, продольный набор), общая поперечная П.С.- поперечными переборками, поперечным набором, днищем, палубами. Для оценки П.С. наиболее важны: общая продольная П.С. при продольном изгибе корпуса на волнении, продольном спуске, постановке в док, посадке на мель; общая поперечная П.С. при кручении корпуса на волнении, при постановке судна в док, поперечном спуске на воду, посадке на мель; местная П.С. при действии сосредоточенных и распределенных сил при приеме и снятии грузов, в районе грузоподъемных устройств (краны, стрелы), реакций кильблоков при постановке в док, реакций спускового устройства при спуске, гидростат, давления при аварийных затоплениях отсеков, сил обжатия корпуса льдом, сосредоточенных сил при швартовке и буксировке и т. п. В зависимости от характера изменения внешних сил различают статическую (от действия неизменных и статических переменных сил) и динамическую (от действия динам, переменных или ударных сил) П.С. Общая и местная П.С. или его частей могут быть нарушены в результате разового превышения предельных значений внешних сил и (или) циклического воздействия внешних сил, меньших их предельных значений. Усталостная П.С. разделяется на многоцикловую и малоцикловую, причем для последней указывается гарантированное число нагружений. Расчет прочности судна особенно важен при спуске его на воду и постановке в док. П.С. при спуске на воду проверяется расчетом для наиболее неблагоприятных случаев совместного действия сил тяжести судна и спускового устройства, сил поддержания входящих в воду частей корпуса и спускового устройства, а также реакций спускового фундамента. П.С. практически проверяется лишь при продольном спуске со стапеля. В процессе продольного спуска корпус судна сначала испытывает деформацию перегиба, а затем, при всплытии погружающейся его части с поворотом относительно надводного конца спускового устройства (спускового шарнира),- деформацию прогиба. Проверка общей П.С. сводится к расчетной оценке допустимости возникающих при указанных деформациях общих напряжений в корпусе с учетом степени его готовности к моменту спуска. Проверка местной П.С. осуществляется для днищевых связей в районе приложения наибольших реакций подводного участка спусковой дорожки у порога стапеля, а также в носовой части, где в процессе всплытия погруженной оконечности судна действуют значительные опорные реакции. П.С. при постановке в сухой ил и плавучий док обеспечивается выбором наиболее подходящего способа постановки и временным подкреплением корпусных конструкций. Расчеты П.С. включают: определение реакций элементов докового опорного устройства (килевая дорожка, боковые клетки, распоры и т. д.); нахождение возникающих в сечениях корпуса общих изгибающих моментов и перерезывающих сил и вызванных ими нормальных и касательных напряжений; проверку местной прочности различных конструкций корпуса судна, воспринимающих нагрузку при его постановке в док; проверку докового опорного устройства. При постановке в плавучий док может возникнуть необходимость проверки общей и местной прочности самого дока. Прочность глиссирующего судна (ГС) проверяется в основном на действие ударов корпуса о воду при движении с макс, скоростью в режиме глиссирования на волнении. Силу удара определяют расчетом в зависимости от скорости и ходового дифферента ГС, распределения масс и формы днищевых обводов корпуса. Проверку общей (продольной) П.С. производят для случаев прогиба корпуса при ударе о волну носовой оконечностью и перегиба корпуса при ударе средней частью в районе редана. Проверка местной П.С. включает расчет бортов, палубы, переборок, надстроек на действие гидростат, нагрузки (например, от наката волн), а также днища на действие гидродинамической нагрузки при ударе о волну. Надежность клепаных и сварных конструкций ГС из алюминиевых сплавов в большой степени зависит от конструктивного оформления связей и технологии изготовления. Прочность судна на подводных крыльях (СПК) проверяется для корпуса и крыльевого устройства (КУ). Необходимые для расчета наиб, внешние силы определяют для след, эксплуатационных случаев: ход на крыльях с макс, скоростью и движение в водоизмещающем положении при определенном волнении; переходные режимы (выход на крылья и посадка на корпус). В водоизмещающем положении и в переходных режимах движения расчетными являются силы удара корпуса о волну, определяемые так же, как и при расчете прочности глиссирующих судов, а при ходе на крыльях - подъемные силы на КУ, вычисляемые по вертикальным ускорениям или параметрам качки. Изгибающие моменты и перерезывающие силы при проверке общей продольной П.С. определяют по носовым и кормовым усилиям от КУ (или силе удара), инерционным силам , распределенным по длине корпуса, и силам тяжести. Вычисление нормальных и касательных напряжений при общем изгибе корпуса, назначение внешних нагрузок и расчет местной прочности конструкций СПК (днища, бортов, палубы, переборок и надстройки) проводят так же, как для глиссирующих судов. Наиболее нагруженной конструкцией СПК является КУ, прочность которого, как правило, определяет допустимые условия эксплуатации и проверяется на действие нагрузок при ходе на тихой воде с минимальным погружением КУ, на волнении с макс, погружением КУ и учетом крена, а также на циркуляции. При вычислении напряжений в КУ его рассматривают как плоскую или пространственную стержневую систему. Для высоких стоек КУ кроме проверки прочности необходима оценка устойчивости их нижних концов. Напряженное состояние конструктивно сложных узлов КУ исследуют экспериментально на тензометрических моделях. Высокий уровень и большая повторяемость нагрузок при эксплуатации ограничивают ресурс корпуса и особенно КУ- С целью проверки и подтверждения прочности и эксплуатационного ресурса СПК новых типов проводят натурные мореходные испытания, которым предшествуют статические испытания КУ на стапеле. Прочность судна на воздушной подушке (СВП) проверяется для корпуса и гибкого ограждения (ГО). Внешние силы определяют для следующих эксплуатационных условий: движение на подушке (парение) с макс, скоростью при расчетном волнении, движение в водоизмещающем положении на волнении повышенной балльности, постановка на опоры в случае базирования на берегу (амфибийные СВП) или подъем краном. Общую прочность СВП проверяют на силы удара днища о волну и силы обжатия ГО (для амфибийных СВП) или усилия, действующие на скеги (для скеговых СВП). Внешние силы определяют по вертикальным ускорениям (перегрузкам) или параметрам качки, которым соответствуют неблагоприятные сочетания и распределения этих сил, вызывающих одновременно наибольший изгиб в продольном и поперечном направлениях и кручение. Продольный изгибающий момент, перерезывающую силу и крутящий момент вычисляют по внешним носовым и кормовым силам, инерционным силам и силам тяжести. Нормальные и касательные напряжения находят с учетом участия надстройки в общем изгибе корпуса; кроме того, оценивают запас прочности СВП по предельным моментам. Проверка местной прочности СВП включает расчет бортов, палубы, переборок, надстроек на действие гидростатической нагрузки (накат волны, давление столба воды), а также днища при плоском ударе о воду. Дополнительно проверяют прочность днищевого перекрытия в целом на действие избыточного давления воздуха в подушке. Оболочку ГО проверяют на избыточное давление воздуха и нагрузку от контактов с водой. Сравниваемые с допускаемыми величины натяжения в элементах ГО зависят от равновесной формы оболочки, определяемой внешней нагрузкой и характером ее распределения. Сложность воздействия внешних сил на корпус и ГО СВП и необходимость учета пространственности деформирования конструкции (одновременное рассмотрение продольных, поперечных изгибов и кручения) требуют большого объема экспериментальных работ. Для определения внешних сил проводят мореходные испытания буксируемых и самоходных моделей, подобных по жесткостным и массовым характеристикам проектируемым СВП, позволяющие, в частности, имитировать аварийные ситуации (например, отказ вентиляторной установки, обеспечивающей поддув воздуха в подушку, и т. п.). При сложной конструктивно-силовой схеме корпуса для оценки напряженного состояния используют модели. Надежность конструкции корпуса определяется статичной прочностью материала (алюминиевые сплавы) и соединения (клепка, сварка, клееклепка, контактная сварка и т. д.), а ГО - также изгибной податливостью, сопротивлением износу. Отработку соединения производят экспериментальным путем (испытания узлов конструкции). Высокий уровень и большая повторяемость нагрузок при эксплуатации ограничивают ресурс корпуса и ГО.

При расчете на местную прочность отдельные конструкции корпуса судна представляются в виде перекрытий, рам, изолированных балок и пластин.

Перекрытие — это система пересекающихся и взаимно связанных балок, концы которых закреплены на так называемом опорном контуре. Опорный контур днищевых и палубных перекрытий образуют борта судна и поперечные переборки, опорный контур бортовых перекрытий — поперечные переборки, днище и палуба судна. Балки перекрытия располагают параллельно сторонам опорного контура (рис. 1, а). Те балки, которых в перекрытии больше, называются балками главного направления; балки, перпендикулярные им, называются перекрестными балками. При расчете перекрытия полагают, что нагрузка воспринимается балками главного направления и передается перекрестным балкам, которые должны иметь достаточную жесткость, так как они предназначены для разгрузки балок главного направления. Если жесткость перекрестных балок мала, то они могут даже загружать балки главного направления, что иногда используется для разнесения сосредоточенных нагрузок на большее число балок главного направления.

Днищевые перекрытия рассчитывают на действие нагрузки от гидростатического давления забортной воды, веса грузов, оборудования и механизмов, находящихся на днище. Нагрузка должна соответствовать тому положению судна на волне, для которого вычислены напряжения от общего изгиба.

Расчет бортовых перекрытий производят на гидростатическую нагрузку, распределенную по треугольнику и отвечающую положению судна на волне. Местная прочность связей палубного перекрытия проверяется на действие равномерно распределенной нагрузки от веса находящегося на палубе груза и веса воды, попадающей на палубу во время шторма. Нагрузки, на которые рассчитываются перекрытия, регламентируются "Нормами прочности морских судов".

Если число балок обоих направлений небольшое, то перекрытия рассчитывают методом приравнивания прогибов. При нескольких перекрестных балках расчет перекрытия может быть сведен к расчету балок главного направления, загруженных реакциями со стороны перекрестных связей и внешней нагрузкой (рис.1, а). Если число балок главного направления велико, то они как бы создают для перекрестных балок упругое основание. В этом случае расчет перекрытия сводится к расчету перекрестных балок на упругом основании.

Под рамами понимают балки набора, расположенные в одной плоскости и жестко соединенные между собой. На рис. 1, б показаны схемы шпангоутных рам однопалубного и двухпалубного судна. Рамы состоят из флора, шпангоутов и бимсов. Поскольку у промысловых судов флоры значительно больше шпангоутов, полагают, что шпангоуты жестко заделаны на флорах, и производят расчет шпангоутных рам без днищевых ветвей . Шпангоутные рамы однопалубных судов рассчитывают методом трех моментов, многопалубных судов — методом угловых деформаций. Расчетной является гидростатическая нагрузка, распределенная по всей высоте борта по закону треугольника.

Изолированные балки — это такие балки, прочность которых может быть рассчитана отдельно от прочности перекрытия. Они намного меньше других связей перекрытия. К числу изолированных балок относятся, например, ребра жесткости, установленные по днищу между флорами. Вследствие симметрии конструкции и нагрузки такие ребра жесткости рассчитывают как балки, жестко заделанные на флорах и загруженные давлением воды

Под пластинами понимают части листов наружной обшивки, настилов палуб, платформ и двойного дна между балками набора. Балки набора служат для пластины опорным контуром. Как правило, пластины имеют симметричные пролеты и нагрузку, поэтому их можно считать жестко заделанными на опорном контуре. Если отношение сторон опорного контура велико, то пластину можно полагать гнущейся в средней части по цилиндрической поверхности. В этом случае расчет пластины сводится к расчету балки единичной ширины, вырезанной из пластины вдоль короткой стороны.

Поскольку пластины участвуют в изгибе вместе с балками набора, в расчетное сечение балок включают части пластин, прилегающие к балкам—так называемые присоединенные пояски. Ширина присоединенного пояска определяется по "Нормам прочности".

В связях, участвующих одновременно в обеспечении общей и местной прочности, производится суммирование напряжений от общего и местного изгибов. Например, в днищевой обшивке суммируются напряжения от общего изгиба, изгиба днищевой пластины вместе с продольными балками набора и изгиба самой пластины. Напряжения от местного изгиба позволяют оценить местную прочность судовых конструкций, а суммарные напряжения от общего и местного изгибов — общую прочность корпуса судна.