

## СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

**Яглицкий Ю.К.**, к.т.н., доцент,  
*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова,  
Херсонский филиал*  
kaskad@pochtamt.ru

**Аннотация.** Предложены принципы системной конструктивной технологичности с формированием единого информационного пространства при проектировании и постройке судов с применением компьютерных технологий на верфях и заводах.

Рассмотрены возможности компьютерного моделирования для расчета показателей технологической эффективности проектируемого судна. Обосновано рассмотрение комплексных вопросов технологичности на ранних стадиях проектирования судна.

**Ключевые слова:** технологичность, единое информационное пространство, иерархическая информационная модель судна.

## СИСТЕМНА ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ

**Яглицький Ю.К.**, к.т.н., доцент,  
*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,  
Херсонська філія*  
kaskad@pochtamt.ru

**Анотація.** Запропоновано систему організації технологічності з формуванням єдиного інформаційного простору при проектуванні і будівництві суден із застосуванням комп'ютерних технологій на верфях і заводах.

Розглянуті питання технологічності конструкцій корпусу морських суден та інших плавучих споруд в сучасних умовах. Обґрунтовано розглядання комплексних питань технологічності на перших стадіях проектування судна.

**Ключові слова:** технологічність, єдина інформаційна система, ієрархічна інформаційна модель судна.

## THE ORGANIZATION OF THE SYSTEM SOFTWARE FOR STRUCTURES MANUFACTURABILITY

**Yaglitsky J.K.**, Ph.D, Assistant Professor  
*National University of Shipbuilding after admiral Makarov  
Kherson Branch*  
kaskad@pochtamt.ru

**Abstract.** The principles of the system constructive adaptability with the formation of a single information space during ships designing and building with the use of CAD technology in the shipyards and plants have been offered. The possibility of computer modeling for calculation of indicators of technical efficiency of projected vessels has been considered. Consideration of complex technological issues on early stages of ship design has been grounded. The main principles of the system constructive adaptability of hull vessels construction have been formulated. The

structure of organization of technological processes in shipbuilding has been offered. The rational methods of breaking down the hull into sections and blocks, the increase of junction elements in the hull composition, reduction of fitting works as well as issues of providing continuity and harmonization of structures, place-computer engineering technology and design documentation, “manufacturability” of technical and working documentation (drawing readability, presence or absence of sizes defined more exactly on the place, etc.) have been analyzed.

**Keywords:** manufacturability, single information space, the hierarchical information model of the vessel.

**Постановка проблемы.** Технологичность корпусов судов во многом обуславливается характером конструктивных решений – системой набора, объемом плоскостных конструкций, объемом сварного и катаного набора, объемом унификации основных связей, приспособленностью конструкций к условиям производства и т.д.

Применительно к верфям, обладающим достаточным техническим потенциалом, встает вопрос о наиболее эффективном использовании средств механизации и автоматизации в корпусном производстве, что позволит повысить степень технологичности судового корпуса и его конструкций для обеспечения передовых технических и эксплуатационных качеств современных судов. Как показывает практика, одним из основных направлений повышения технологичности проектов судов является снижение материалоемкости и трудоемкости их постройки, причем основные обеспечения минимальной трудоемкости закладываются на начальных этапах проектирования и непосредственно влияют на эксплуатационные характеристики судна в течение всего жизненного цикла.

**Принципы системной конструктивной технологичности.** Как известно, технологичностью конструкции называется совокупность свойств, позволяющих изготовить данную конструкцию с наименьшими затратами труда, материалов и средств, используя при этом современную передовую технологию и полностью обеспечивая предусмотренные проектом технологические показатели эксплуатации (экономичность, мореходность, надежность и т.д.) [1]. Но, в тоже время, понятие технологичности конструкции является в определенной степени относительным – одно и то же изделие можно спроектировать в нескольких вариантах, обеспечив для всех вариантов заданные условия прочности, работоспособности, надежности, хотя каждый из вариантов может отличаться формой, категорией или количеством использованных материалов, трудоемкостью, степенью удобства ремонта и обслуживания, степенью использования унифицированных и стандартных деталей, степенью преемственности и т.д. [1].

Несмотря на относительный характер конструктивной технологичности, существуют и общие системные положения, которые необходимо учитывать при проектировании судов. К ним можно отнести:

1. Степень технологичности конструкций необходимо предусматривать уже на первых стадиях проектирования судна, причем технологичность следует рассматривать комплексно по отношению к судну в целом, учитывая не только вопросы производства, но и его эксплуатации.

2. При проектировании конструкций должны быть учтены требования, предъявляемые к технологии используемых материалов.

3. Необходимо учитывать требования к условиям производства на заводах-строителях: технологию обработки, сборки, сварки, проверки конструкций корпуса.

4. Технологичность конструкций корпуса необходимо совершенствовать на различных стадиях проектирования начиная с предэскизных проработок до выпуска рабочих чертежей, а также в процессе подготовки производства к постройке судна.

5. Внедрение более технологичных конструкций должно быть основано не только на конструктивной оптимизации, но и с учетом экономических, производственно-технологических, организационных позиций и условий эксплуатации судна.

Использование приведенных системных принципов, объединенных единой

современной технологией, используемой всеми организациями, участвующими в создании судна, позволит обеспечить конструктивную технологичность еще на этапе проектирования.

**Структура организации процесса.** Современный уровень исследований и решения проблем конструктивно-технологической эффективности (технологичности) так или иначе предопределяет комплексный подход к отработке конструкций на технологичность, учитывающий многочисленные внутренние и внешние связи, характеризующие создаваемую судовую конструкцию как элемент системы высшего иерархического уровня, способный эффективно и надежно выполнять возлагаемые на него функции на протяжении всего жизненного цикла.

Как известно, проектирование конструкций судна всегда требовало применения комплексного подхода и часто в конечном итоге содержало компромиссные решения. Конструкции, образующие корпус судна, должны иметь необходимый запас прочности, жесткости, устойчивости, обладать долговечностью и должны быть по возможности менее металлоемки. Кроме того, конструкция, при соблюдении прочих требований, должна быть экономичной, при ее изготовлении необходимо предусмотреть использование новых технологий, что позволит добиться ее высоких эксплуатационных качеств.

Все это должно предостерегать от одностороннего подхода при решении данного комплекса задач. Например, можно отметить, что создание бульбообразных обводов в носовой оконечности судна приводит к резкому усложнению ее изготовления. Тем не менее, в мировой практике судостроения в том или ином конструктивном оформлении бульбообразные оконечности широко используются, поскольку позволяют заметно улучшить ходовые качества судна.

Вполне закономерное стремление повысить технологичность конструкции иногда в силу одностороннего подхода к проблеме может привести к возникновению простых, но ненадежных в эксплуатации и неэкономичных конструкций [1].

В то же время проектировщики не должны упускать из виду, что конструктивные «излишества» также недопустимы. Очевидно, что задача повышения надежности корпусных конструкций, включающая в себя как неперемное условие повышение качества ее изготовления, должна решаться специалистами ряда направлений.

Количество субъективных, в том числе и ошибочных, проектных решений может быть сведено к минимуму путем использования системных принципов, позволяющих рассмотреть в процессе проектирования большое количество вариантов основных конструкций судна с учетом их взаимовлияния и провести оценку их влияния на показатели технологической эффективности проектируемого судна. Эти возможности могут быть реализованы путем создания единого информационного пространства, обеспечивающего компьютерное моделирование и проектирование основных конструктивных элементов судна на всех этапах проектирования.

Сущность методологии компьютерного моделирования состоит в замене исходного конструкторско-технологического объекта его «образом» – математической моделью – и в дальнейшем изучении модели с помощью реализуемых на компьютере вычислительно-логических алгоритмов.

Работа не с самим объектом, а с его моделью дает возможность относительно быстро и без существенных затрат исследовать его свойства и поведение в любых мыслимых ситуациях (преимущества теории). В то же время вычислительные (имитационные) эксперименты с моделями объектов позволяют подробно и глубоко изучать объекты в достаточной полноте, недоступной чисто теоретическим подходам (преимущества эксперимента) [2].

**Методы решения.** Эффективность судна как системы технологичных конструкций можно определить рядом факторов, определяющих уровень технологичности конструкций корпуса судна. К ним можно отнести: применение цилиндрической вставки максимальной длины; выбор системы набора и шпации, упрощение обводов корпуса (включая форштевень, бульбовую наделку, кормовую оконечность) и надстройки; выбор более технологичных

судостроительных материалов; создание корпусных конструкций, обеспечивающих увеличение объема механизации и автоматизации технологических процессов постройки судов; унификация и стандартизация металлопроката, деталей, узлов, подсекций и секций, модульных конструкций; использование оптимальных габаритов заказных листов, а также оптимальных габаритов и массы секций.

Кроме того, сюда входят методы рациональной разбивки корпуса на секции и блоки, увеличение объема плоскостных элементов в составе корпуса, уменьшение пригоночных работ, а также вопросы обеспечения преемственности и унификации конструкций, компьютерной разработки плазово-технологической и конструкторской документации, «технологичность» технической и рабочей документации (читаемость чертежа, наличие или отсутствие размеров, уточняемых по месту и т.д.) [1].

Дополнительно должны учитываться также качественные показатели технологичности, соответствующие определенной подготовке производства и организации работ, реализованной в проекте, а также коэффициент использования материала при раскрое и точность экономических расчетов трудоемкости, продолжительности и технологической себестоимости изготовления конструкций.

Эти показатели могут определяться экспертным путем и влиять на определение технологичности конструкций проекта так же, как и определители технического уровня, соответствующие определенным технологическим или организационным условиям в методике оценки технического уровня производства.

Следует иметь в виду, что показатели технологичности, определяемые на ранних стадиях проектирования, имеют большее значение, чем те, которые могут быть определены после создания рабочего проекта, так как после выпуска рабочих чертежей дальнейшее улучшение показателей технологичности приведет к корректировке документации.

Указанные показатели отражают различные стороны существования судна как сложной технической системы в пространстве и времени. Их можно классифицировать по следующим группам:

- 1) конструктивно-технологические;
- 2) информационно-ориентированные;
- 3) требования, связанные с производственными особенностями;
- 4) эксплуатационные;
- 5) экономические.

Конструктивно-технологическая эффективность является одной из основных характеристик проектируемого судна и определяется различными факторами, которые формируются на различных этапах жизненного цикла судна, а проявляются на этапах эксплуатации и ремонта.

Конструктивно-технологическая эффективность как составляющая общей технологичности оценивается в первую очередь выполнением следующих требований:

- форма, обводы корпуса и конструктивные элементы судна должны обеспечивать наибольшую простоту изготовления, а также механизацию и автоматизацию технологических процессов для обеспечения снижения трудоемкости, ускорения сроков постройки, повышения эффективности производства и высокого качества работ;
- выбранные материалы и их типоразмеры должны обеспечивать сокращение трудоемкости на всех стадиях постройки судна;
- принципиальная схема конструкции корпуса должна обеспечивать его оптимальный вес, минимальную трудоемкость, наибольшую простоту изготовления, а рационально выбранные технологические допуски должны сократить трудоемкость сборочных работ, уменьшить подгоночные работы и обеспечить заданную точность;
- создание законченных конструктивных узлов должно предусматриваться рациональной разбивкой корпуса на сборочные единицы с использованием ПК, принципов преемственности, унификации и типизации конструкций, рационально назначенными конструктивными размерами и допусками;

- необходимо рационально выбирать методы проверки и средства контроля.

Информационно-ориентированные показатели должны включать:

- использование информационных технологий и передовых методов, обеспечивающих высокую мобильность и гибкость производства, быструю его переналадку на выпуск новой продукции при минимальных затратах труда, средств, времени и материалов;
- обеспечение гибкости производства за счет автоматизированного формирования с использованием современных CAD/CAM систем;
- организацию эффективной технологической подготовки производства;
- оптимизацию производства.

Перечисленные требования должны находиться в едином информационном поле предприятия и обеспечиваться информационной системой, которая не только организует информационные потоки, связанные с хозяйственной и производственной деятельностью предприятия, но и является инструментом учета, анализа и оценки, как деятельности подразделений, так и предприятия в целом.

Требования, связанные с производственными особенностями, должны учитывать:

- особенности заводов-строителей (размеры стапелей, цехов, возможности транспортного и кранового оборудования и т.п.);
- программу серийности, цикл постройки и т.п.;
- опыт и квалификацию производственных кадров;
- особенности организации производства на конкретном заводе-строителе.

Группа эксплуатационных требований (эксплуатация корпуса в части его обслуживания и ремонта) включает в себя следующее:

- повышение надежности (вероятности безотказной работы, долговечности, сохраняемости) как отдельных узлов, так и корпуса в целом;
  - обеспечение возможности агрегатного ремонта;
  - обеспечение технологии ремонта при проектировании корпусных конструкций;
- обеспечение простоты обслуживания.

К экономическим требованиям относят:

- минимально возможные затраты времени, труда и материальных средств на разработку, изготовление и эксплуатацию изделия;
- минимальную стоимость изделия.

Тесная связь предъявляемых к корпусу и конструкциям судна требований технологичности приводит к тому, что стремление максимально удовлетворить одному из них ведет к необходимости снизить значение других.

Так, желание увеличить надежность введением избыточной конструктивно-технологической эффективности неизбежно влечет за собой увеличение габаритов, массы, стоимости. Соотношение между различными требованиями может быть установлено исходя из типа, назначения и характера эксплуатации проектируемых судов и конструкций.

Для возможности оценки уровня технологичности судна на этапе проектирования используемое для этих целей единое информационное пространство (ЕИП) должно позволять определить значение указанных функциональных показателей.

Кроме того, ЕИП должно позволять выполнять анализ влияния как можно большего количества конструктивно-технологических факторов на функциональные показатели, определяющие качество и технологичность конструкций и самого судна в целом. В качестве ЕИП можно использовать среду компьютерного моделирования на базе иерархической информационной модели судна (ИИМС) на стадиях строительства и эксплуатации. Модель может быть создана с использованием Technical Data Management System (TDMS) и ряда средств автоматизированного проектирования и будет отражать информационную структуру судна на различных этапах жизненного цикла.

На рис. 1 представлена структура единой среды компьютерного моделирования, куда входят 3 модуля.

В 1-м модуле в зависимости от целей моделирования задаются конструктивные и

технологические факторы, влияющие на технологичность конструкций судна.

Второй модуль представляет собой ИИМС на различных этапах жизненного цикла.

В этом модуле проводится компьютерное моделирование технологичности судна, которое выполняется с использованием взаимосвязанной системы наиболее используемых технологичных конструкций. По результатам моделирования в 3-м модуле формируется совокупность показателей, служащих основой для дальнейшего сравнительного анализа вариантов технологичности различных конструктивных элементов для формирования критериев технологичности судна. На основе проводимой оценки можно обосновано выбирать конкретные конструктивные элементы корпуса судна.

Взаимодействие между различными этапами жизненного цикла судна осуществляется с помощью ЕИП.

Система компьютерного моделирования, построенная по данному принципу, может быть использована различными пользователями.

Это связано с тем, что пользователь может не вникать во внутреннюю структуру различных моделей, включаемых в систему. Ему достаточно задавать наиболее распространенные параметры объекта. Это позволяет эффективно использовать систему для решения различных специфических задач по моделированию технологичности объекта.



Рис. 1. Структура единой среды компьютерного моделирования

При таком построении среды моделирования ИИМС может быть использована для решения других задач, не связанных с оценкой технологичности судна. Например, эта модель может быть использована как база для решения задач управления проектами.

На рис. 2 приведена графическая структура обобщенной ИИМС для решения комплекса задач системного обеспечения технологичности.

Данная схема составлена на основе общей структуры среды моделирования, представленной на рис. 1.

Узловыми элементами обобщенной ИИМС являются частные компьютерные модели на стадии проектирования, подготовки производства, строительства и эксплуатации судна.

Предложенная структура модели может служить для разработки алгоритмического и программного обеспечения комплексной технологичности судна.

**Выводы.** Системный подход к проектированию технологичности судовых конструкций можно определить как процесс достижения наиболее важных целей, распределения ресурсов, организации информации и обеспечения координации таким образом, чтобы все главные аспекты проблемы были точно определены и связаны с подпроцессами в соответствии с заранее установленной схемой.

Он устанавливает связь между тем, что требуется, и тем, что технически возможно и

целесообразно.

Использование систем компьютерного моделирования для обеспечения технологичности конструкций судов, предполагает комплексную проработку многочисленных внутренних и внешних связей, которые характеризуют создаваемую судовую конструкцию как элемент системы высшего иерархического уровня, способный эффективно и надежно выполнять возлагаемые на него функции на протяжении всего жизненного цикла.

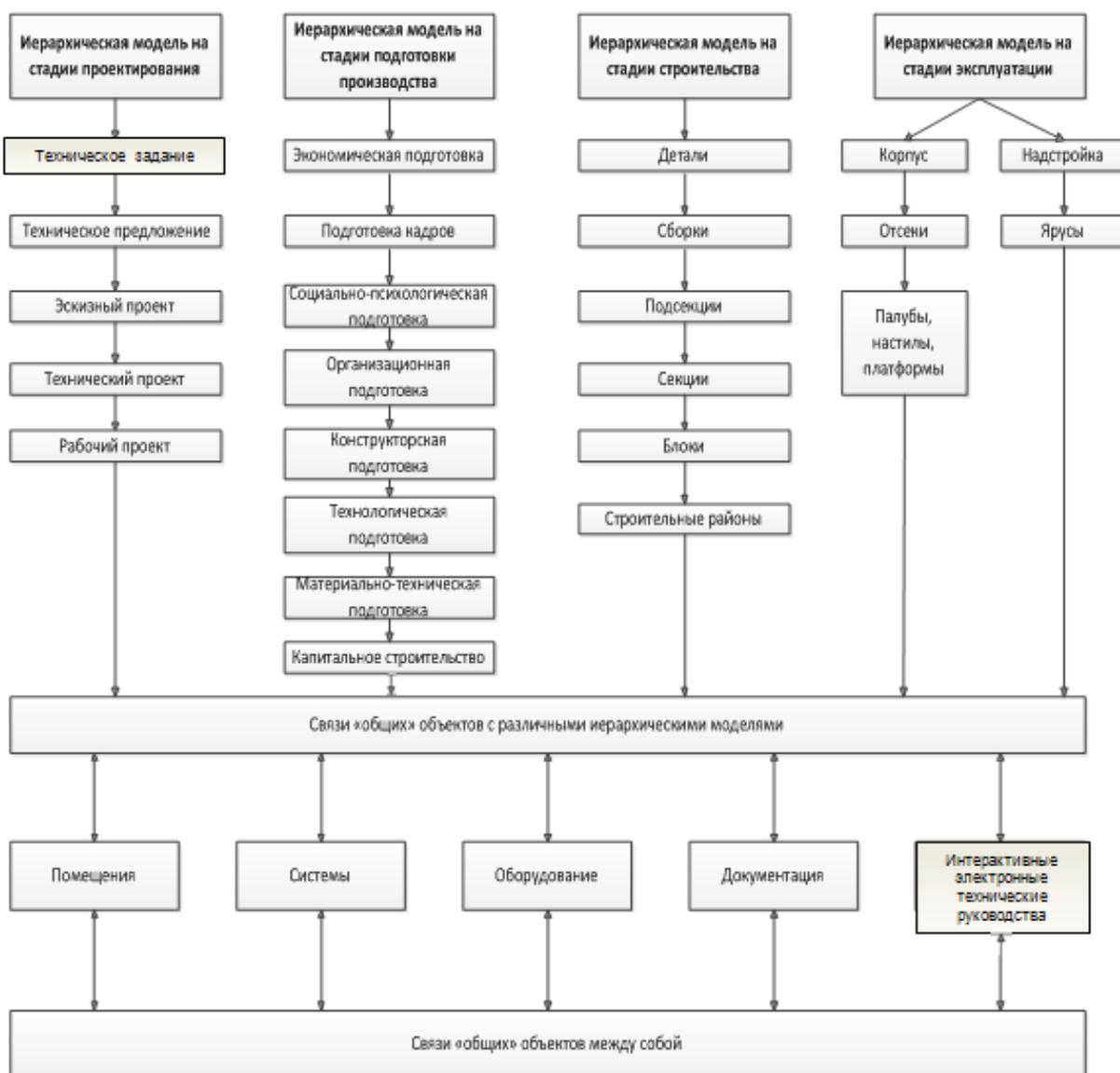


Рис. 2. Графическая структура обобщенной ИИМС

## Литература

1. Глозман М.К. Технологичность конструкций корпуса морских судов / М.К. Глозман. – Л.: Судостроение, 1984. – 296 с.
2. Вальдман Н.А. Математическое моделирование в судостроении / Н.А. Вальдман, Г.В. Савинов, А.Н. Шебалов // С-Пб.: «СПбГМТУ», 1998. – 45 с.