

УДК 338.5:629.5

Ю. И. Кабаев, инженер АО «ЦМКБ «Алмаз»

А. А. Кутенев, заместитель главного инженера АО «ЦМКБ «Алмаз»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ РАБОТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ

В статье рассмотрен подход к определению трудоёмкости проектирования надводного корабля в условиях отсутствия актуальной нормативной базы и прототипа.

Введение

Проблема объективного ценообразования проектно-конструкторских работ актуальна для судостроительной отрасли. В настоящее время основополагающим нормативным документом является Порядок определения трудоёмкости проектирования, строительства, ремонта, утилизации судна, утвержденный Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 14 марта 2023 г. № 822 [1]. Данный документ представляет подходы (методы) определения плановой трудоёмкости проектирования и в большей степени отражает аспекты по определению трудоёмкости строительства, ремонта, утилизации судна, но не содержит методический аппарат.

Для решения задачи определения трудоёмкости работ проектирования надводных кораблей и судов необходимы укрупненные нормативы трудоёмкости. Такие отраслевые нормативы трудоёмкости на проектно-конструкторские работы в судостроительной промышленности в настоящее время отсутствуют.

На сегодняшний день создаются и актуализируются укрупненные нормативы определения трудоёмкости строительства кораблей и судов, но данные нормативы не затрагивают вопросы трудоёмкости проектирования [2, 3]. Институтом труда разработаны и поддерживаются в актуальном состоянии типовые нормативы (нормы времени) для детального нормирования проектно-конструкторских работ применительно к изделиям машиностроения (например, Методические рекомендации по нормированию труда на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, Типовые нормативы времени на разработку конструкторской документации, Типовые укрупнённые нормы времени на разработку технологической документации). Упомянутые нормативы не учитывают специфики судостроения. В настоящее время АО «ЦТСС» осуществляет работы по реализации НИР «Конструктор» [4], но данные нормативы в основном касаются детального нормирования работ.

В этой связи разработка укрупненных нормативов определения предельной трудоёмкости проектирования надводного корабля (судна) актуальна, и в настоящей статье изложены результаты работы в части выработки

предложений по оценке трудоёмкости проектно-конструкторских работ на базе ранее разработанных методик.

При разработке нормативов важно определиться с методом нормирования. Существует ряд наиболее подходящих методов, основные положения которых изложены ниже.

Методы нормирования

В соответствии с Методическими рекомендациями по нормированию труда на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ [5], применяемые методы нормирования труда можно разделить на две группы: аналитические (аналитически-исследовательский и аналитически-расчетный) и суммарные (экспертный, статистический, сравнительный).

Аналитически-исследовательский метод основан на анализе (прогнозировании) содержания предстоящих исследований и разработок (ИР) и проектировании (выборе) рационального процесса их выполнения [5]. При таком подходе составляется прогнозный перечень работ с прогнозным объемом каждой работы, и с применением методики детального нормирования работ определяется трудоёмкость проектно-конструкторских работ. Такой подход занимает значительное время и не позволяет достаточно точно спрогнозировать сложность корабля, так как требует уже на начальных этапах знать точное количество систем, устройств, помещений и других характеристик.

Аналитически-расчетный метод подразумевает разделение нормируемой работы на составные части (элементарные операции) с целью анализа и последующим нормированием каждой составной части отдельно, применяя типовые, отраслевые и местные нормативные материалы и учитывая коэффициентами организационно-технологические условия [4, 5].

Экспертный метод используется при определении трудоёмкости работ, отличающихся новизной, выполнение которых тесно связано со значительными объемами научно-технического творчества. Использование данного метода характерно в большей степени для научно-исследовательских работ прикладного характера и опытно-

конструкторских работ [5]. Экспертный путь — путь принятия решения, в основе которого — мнение специалиста (эксперта) определенного уровня квалификации, опыта, знаний. В данном случае специалистами (экспертами) являются Главный конструктор, специалисты сектора главного конструктора, ведущие специалисты по данной работе от производственных подразделений, которые, опираясь на опыт проектирования определенного типа судов (кораблей), накопленную базу, статистические материалы и пр., могут определить начальную трудоёмкость проектно-конструкторских работ судна.

При опытно-статистическом методе определение трудоёмкости основано на использовании данных о затратах труда в прошлом путем сравнения нормируемого объекта с аналогичным, трудоёмкость которого установлена ранее, и введением (при необходимости) специальной системы корректирующих коэффициентов. Базой этого метода является аналог и данные о нем [5]. За основу берутся данные по трудоёмкости работ судна с идентичным или близким функциональным значением — судна-аналога. Сравнительный метод схож с опытно-статистическим.

В соответствии с Порядком определения трудоёмкости проектирования, строительства, ремонта, утилизации судна [1], плановая трудоёмкость проектирования судна может определяться одним из следующих подходов (методов):

- Расчет по нормам труда (расчет величины трудоёмкости проектирования осуществляется по нормам и формулам, приведенным в нормах труда, и их последующего суммирования);
- Расчет по нормативам трудоёмкости проектирования судов (в соответствии с алгоритмом (методикой), приведенным в нормативах трудоёмкости проектирования судов);
- Расчет аналого-сопоставительным методом (на основе данных о фактической трудоёмкости судов-аналогов или судов-прототипов с учетом коэффициентов, учитывающих различия судна-аналога/судна прототипа от проектируемого судна). Схож с опытно-статистическим методом, представленным в [5].

Также одним из способов определения трудоёмкости проектно-конструкторских работ является доля от цены постройки судна (корабля). Эта условная величина варьируется от 5% [6] для гражданских обычных судов до 10-12% [4, 6] для наукоемких судов и кораблей и базируется на основе расчета цены постройки судна (корабля) по действующим нормативно-техническим документам отрасли, разработанным АО «ЦТСС».

Методика «Нормативы трудоёмкости и продолжительности проектирования гражданских судов» ЦНИИ «Румб»

По мнению специалистов [7, 8], на сегодняшний день для оценки начальной максимальной трудоёмкости проектно-конструкторских работ по проектированию судов используется методика «Нормативы трудоёмкости и

продолжительности проектирования гражданских судов» № 299024-Н-91, разработанная ЦНИИ «Румб» в 1991 г. (далее — «Нормативы») [9]. «Нормативы» имеют преимущество в том, что рассчитывают именно трудоёмкость работ, а не стоимость, а также являются дифференцированными, учитывающими конструктивные и организационно-технологические параметры, такие как:

- Типы судов и их функции;
- Новизну и сложность судна в части особенности его подсистем;
- Технические особенности разработки конструкторской документации в обеспечение постройки на заводе-строителе;
- Применяемые технологии проектирования и постройки судна;
- Производительность труда.

Данные нормативы учитывают рост производительности труда и автоматизации работ, они актуальны и сегодня с некоторым уточнением ряда коэффициентов. Но, наряду с гражданскими судами, в настоящее время важен вопрос экспресс-оценки предельной стоимости работ проектирования надводных кораблей.

Проведя анализ методики, можно считать ее потенциал и задел достаточным для расширения номенклатуры типов объектов морской техники, предлагается ее адаптировать под объект «надводный корабль» с учетом современных особенностей проектирования судов и новизны проектируемого объекта.

В статье используется понятие «трудоёмкость». По отношению к понятию «стоимость» «трудоёмкость» является определяющим, и их зависимость между собой выражается следующей формулой:

$$C \approx K \times T \times \text{ц}, \quad (1)$$

где C , руб. — стоимость проектно-конструкторских работ; T , н-ч — трудоёмкость проектно-конструкторских работ; ц , руб. — стоимость нормо-часа работ; $K = 1.1-1.2$ — учет структуры калькуляции затрат.

Общие принципы определения трудоёмкости работ

Важнейшей характеристикой судна является его водоизмещение D и, соответственно, данная характеристика используется в «Нормативах» как основной параметр для определения трудоёмкости проектно-конструкторских работ.

Зависимость для определения трудоёмкости проектно-конструкторских работ по проекту в целом традиционно представляется следующим образом [6, 10, 11]:

$$T = K \cdot D^n, \quad (2)$$

где K — комплексный коэффициент сложности, новизны судна; D , т — водоизмещение порожнем, T , н-ч — трудоёмкость проектно-конструкторских работ.

Комплексный коэффициент сложности и новизны судна K включает систему детерминированных коэффициентов, характеризующих подсистемы судна (рис. 1), и отражает изменение трудоёмкости работ, вызванное наличием у проектируемого заказа и конструкторского бюро (КБ)-



Рис.1. Схематическое изображение параметров сложности и новизны корабля как объекта проектирования при определении трудоёмкости проектно-конструкторских работ («Нормативы...» №299024-Н-91)

проектанта качественных особенностей, которые можно оценить только экспертным путем.

Комплексный коэффициент сложности и новизны определяется как:

$$K = K_H * K_{ТУ} * K_{ТП}, \quad (3)$$

где K_H — коэффициент новизны и сложности проектируемого судна; $K_{ТУ}$ — коэффициент организационно-технического уровня КБ-проектанта; $K_{ТП}$ — коэффициент уровня технической подготовки производства.

Определение трудоёмкости работ по проектированию надводного корабля

Согласно «Нормативам», для определения начальной трудоёмкости проектно-конструкторских работ по проек-

тированию надводного корабля предлагается определить близкий аналог, на базе которого будут выполняться расчеты для всех классов водоизмещающих надводных кораблей.

При проектировании надводного корабля решается задача нахождения оптимального технического решения в условиях ограниченности ресурсов (материальных, производственных) — сбалансированный вариант сочетания характеристик основных элементов корабля.

Надводный корабль (рис.2) можно представить как платформу, на которой размещена совокупность различных типов комплексов вооружений, т.е. система взаимосвязанных между собой высокотехнологичных изделий, обеспечивающих выполнение определенных задач (функций), поставленных в тактико-техническом задании [6, 10, 11].

Вооружение корабля включает в себя комплексы ударного, противовоздушного и противолодочного оружия, системы боевого управления, обнаружения, связи и защиты. Каждый из видов вооружений обладает как характерными конструктивными особенностями, масса-габаритными и виброактивными характеристиками, так и оказывает влияние на физические поля. Поэтому надводный корабль можно считать наукоемким и сложным изделием морской техники.

В «Нормативах» сложным и наукоемким изделием морской техники являются научно-исследовательские морские суда. Базовый норматив трудоёмкости для такого типа судов составляет 1,4 от трудоёмкости проектных работ раздела 6 код 3100 «Суда морские добывающие самоходные». На основании этого зависимость для определения трудоёмкости конструкторских работ можно представить в следующем виде:



Рис.2. Пример типового надводного корабля

$$\begin{cases} \text{при } D \leq 2000 \text{ т} & T_{\text{пр}} = 1,4 * 43,44 * D^{0,333} \\ T = K_K * T_{\text{пр}} = K_H * K_{\text{ТУ}} * K_{\text{ТП}} * 60,8 * D^{0,333} \\ \text{при } D > 2000 \text{ т} & T_{\text{пр}} = 1,4 * (0,084 * D + 378) \\ T = K_K * T_{\text{пр}} = K_H * K_{\text{ТУ}} * K_{\text{ТП}} * (0,12 * D + 529) \end{cases} \quad (4)$$

При этом, если надводный корабль ближней морской зоны, то корректно добавлять коэффициент 0,9 [9].

Коэффициент новизны и сложности K_H

В результате анализа «Нормативов» принимается, что качественными особенностями надводного корабля как объекта проектирования являются его назначение или выполняемые функции, что может быть учтено коэффициентами, характеризующими новизну и сложность. Назначение корабля, например: ведение борьбы с кораблями и подводными лодками противника, артиллерийская поддержка морского десанта в ходе морских десантных операций, раскладывается на состав функций для определения коэффициентов новизны и сложности по назначению (табл.2).

Остальные характеристики надводного корабля, такие как тип механической установки (двигатель и движитель), уровень автоматизации, описываются стандартными коэффициентами, предложенными в «Нормативах».

На сегодняшний день автоматизация процессов управления техническими средствами является важной составляющей выполнения судном своих функций. Увеличиваются мощности судовых механизмов, оборудования и устройств. Как следствие, ужесточаются требования к точности, надежности, быстродействию и другим показателям качества процессов управления и повышения эксплуатационных требований в части эффективности и экономичности функционирования судовых систем и оборудования. Причем эти требования касаются работы не только отдельных систем управления, но и систем управления комплексами технических средств. Поэтому в настоящее время основным требованием при проектировании судна является наличие на нем комплексной системы автоматизации.

Таблица 2

Коэффициенты новизны и сложности K_H в зависимости от назначения корабля

№ п/п	Наименование коэффициентов новизны	Значение коэффициента
1	Придание кораблю новых функций, совмещение функций (n – количество функций)	$k_{H1} = 1,08 + 1,02^{n-2}$
2	Транспортировка разрядных грузов (за каждый вид груза)	$k_{H2} = 1,03$
3	Грузовые операции с разрядным грузами	$k_{H3} = 1,05$

В этой связи при нормировании предлагается рассматривать локальные системы управления устройствами и механизмами не по отдельности, а как составляющие комплексной системы управления. Таким образом, при нормировании коэффициент автоматизации устройств 1,05 будет присваиваться не каждой локальной системе управления, а комплексной системе управления, т.е. один раз.

Также предлагается рассмотреть альтернативный вариант: применять коэффициент 1,07 как коэффициент, характеризующий комплексную автоматизацию судна.

Общий коэффициент сложности и новизны определяется следующим образом [9]:

$$K_H = \prod_{i=1}^N K_i \quad (5)$$

По результатам расчетов суммарное значение коэффициента сложности и новизны надводного корабля может составлять 1,9–2,1, т.е. порядка 2.

Коэффициент организационно-технического уровня КБ-проектанта и процесса проектирования $K_{\text{ТУ}}$

Обоснование данного коэффициента осуществляется исходя из анализа технологического уровня конструкторского бюро-проектанта и уровня организации процесса проектирования. При определении коэффициента КТУ учитываются следующие характеристики:

- Особенности применения метода электронных моделей при проектировании;
- Проведение патентно-информационных исследований по проекту;
- Уровень неопределенности исходных данных и наличие близких прототипов;
- Рост производительности труда;
- Уровень автоматизации процесса проектирования.

Коэффициент определяется набором стандартных коэффициентов и зависимостей, представленных в «Нормативах», но подход к назначению коэффициентов может быть уточнен с учетом современных взглядов на влияние данных характеристик на увеличение трудоёмкости проектно-конструкторских работ [9].

$$K_{\text{ТУ}} = \prod_{i=1}^N K_i \quad (6)$$

Усредненное значение коэффициента организационно-технического уровня может быть в диапазоне 0,8–1,1.

Коэффициент уровня технической подготовки производства на ПЭВМ $K_{\text{ТП}}$

Данный коэффициент характеризует объем информации (данные для подготовки производства, организационно-технологические документы и т.д.), которые выполняются проектантом и предоставляются заводу-строителю в обеспечение строительства.

Коэффициент новизны технической подготовки производства определяется набором стандартных коэффициентов и зависимостей, представленных в «Нормативах», но подход к назначению коэффициентов также может быть уточнен с учетом современных взглядов на влияние данных характеристик на увеличение трудоёмкости проектно-конструкторских работ при наличии электронной модели и синергетического эффекта от ее разработки [9].

$$K_{\text{ТП}} = \prod_{i=1}^N K_i \quad (7)$$

Данный коэффициент может быть равен 1–1,3. Тесная взаимосвязь между КБ-проектантом и заводом, внедрение систем автоматического проектирования (САПР), их систематическое использование, создание 3D-модели на базе САПР, обеспечение доступа к 3D-модели и конструкторской документации посредством создания канала для передачи данных между всеми организациями, универсальность процесса выпуска комплектов конструкторских документов вне зависимости от типов судов — все это позволяет сделать вывод, что оценивать уровень технической подготовки производства сегодня не имеет смысла.

Таким образом, при расчете трудоёмкости предлагается отказаться от использования качественных коэффициентов, характеризующих техническую подготовку производства на ПЭВМ и принять его равным 1.

Комплексный коэффициент качества КК, определяемый по формуле 8, может составлять 1,6–2,2:

$$K_K = K_H * K_{\text{ТУ}} * K_{\text{ТП}} \quad (8)$$

Выводы

При сравнении результатов расчета фактической трудоёмкости проектирования с результатами расчета трудоёмкости в соответствии с «Нормативами», при соответствующем подборе коэффициентов получено расхождение в пределах 10–15%, что характеризует достоверность данного метода.

Таким образом, предложен способ определения трудоёмкости проектно-конструкторских работ водоизмещающего надводного корабля посредством актуализации действующих «Нормативов», предназначенных для судов гражданского назначения. Такой способ можно использовать в условиях отсутствия новых разработанных методик.

Литература

1. Об утверждении порядка определения трудоёмкости проектирования, строительства, ремонта, утилизации судна : Приказ М-ва пром-сти и торговли РФ от 14 марта 2023 г. № 822. Москва, 2023. 21 с., 4 л. прил.
2. Герман Г.В., Потряхаев В.В. Уточнение методологических подходов нормирования трудоёмкости работ в судостроении // Вестник Инженерной школы ДФУ. 2024. №3(60). С. 21–37. DOI: 10.24866/2227-6858/2024-3/21-37.
3. Нейман Г.Р., Любимов А.Г. Управление трудоёмкостью строительства кораблей (судов) в АО «ОСК». Результаты и направления развития, планы на ближайшую перспективу // Промежуточные итоги реализации нововведений в области ценообразования на строительство судов. Развитие нормативно-правовой базы : сборник трудов научно-практической конференции. Санкт-Петербург : ЦТСС, 2024. С. 76–80.
4. Любимов А. Г., Потряхаев В. В. О состоянии нормативно-методической базы по определению трудоёмкости проектирования кораблей по ГОЗ // Судостроение. 2021. №6. С. 63–66.
5. Методические рекомендации по нормированию труда на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ : шифр 13.01.06 / Институт труда. Москва, 2014. 120, [2] с.
6. Македон Ю.А. Организация проектирования в судостроении. Ленинград : Судостроение, 1979. 280 с.
7. Цифровизация судостроения и вопросы нормирования / Липис А. В., Померанец Л. К., Сизов В. А., Липис Д. А. // Совершенствование ценообразования, определения трудоёмкости и нормирования труда в судостроительной промышленности. Промежуточные итоги и перспективы : материалы научно-практической конференции. Санкт-Петербург : ЦТСС, 2021. С. 50–55.
8. Пивкин С. А. Нормирование конструкторских работ: методология и практика // Управленческий учет. 2022. № 5. С. 547–559.
9. Нормативы трудоёмкости и продолжительности проектирования гражданских судов : 299024-03-Н-91 / ЦНИИ «Румб». Санкт-Петербург, 1991. 46 с.
10. Гайкович А. И. Основы теории проектирования сложных технических систем. Санкт-Петербург : Моринтех, 2001. 429, [1] с.
11. Захаров И. Г., Постонен С. И., Романьков В. И. Теория проектирования надводных кораблей. Санкт-Петербург : ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 1997. 678 с.

