

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Научная статья

УДК 629.128.1

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-3/21-37>

Уточнение методологических подходов нормирования трудоёмкости работ в судостроении

Галина Валентиновна Герман¹, Вячеслав Вячеславович Потряхаев²✉¹ Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,

Санкт-Петербург, Российская Федерация

² АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», Санкт-Петербург, Российская Федерация✉ potryakhaev@sstc.spb.ru

Аннотация. Необходимость совершенствования отечественного судостроения объективно продиктовано развитием науки и техники, созданием сложных наукоёмких объектов – судов. Пользуясь известным выражением Д.И. Менделеева «Наука начинается тогда, когда начинают измерять...», совершенствование методов получения достоверных оценок показателей и параметров судостроительного производства – актуальная проблема. Отсутствие единой методологической основы получения достоверных оценок на системной основе не позволяет учитывать изменение условий выполнения работ, внедрение инновационных технологий, техническое перевооружение, оценку и анализ состояния производства, прогноз научно обоснованных направлений его совершенствования. В первую очередь возникает необходимость уточнения методологических подходов нормирования трудоёмкости на основе достоверных дискретных оценок судостроительных работ начиная с ранних этапов технической подготовки производства для всех видов и объектов работ. В статье предложен анализ накопленного научного опыта для его использования при совершенствовании нормирования трудоёмкости судостроительных работ.

Ключевые слова: судостроение, единство оценок трудоёмкости, параметрические и временные модели, снижение установочной погрешности, достоверность, адекватность условиям производства

Для цитирования: Герман Г.В., Потряхаев В.В. Уточнение методологических подходов нормирования трудоёмкости работ в судостроении. // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2024. № 3(60). С. 21–37.

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING PRODUCTION

Original article

Clarification of methodological approaches to standardizing the labor intensity of work in shipbuilding

Galina V. German¹, Viacheslav V. Potriakhaev²✉¹ St. Petersburg State Marine Technical University, Saint-Petersburg, Russian Federation² JSC Center for Technology of Shipbuilding and Ship Repair, Saint-Petersburg, Russian Federation✉ potryakhaev@sstc.spb.ru

Abstract. The need to improve domestic shipbuilding is objectively dictated by the development of science and technology, the creation of complex, knowledge-intensive objects – ships. Using the famous expression of D.I. Mendeleev “...Science begins when they begin to measure...”, improving methods for obtaining reliable estimates of indicators and parameters of shipbuilding production is an urgent problem. The lack of a unified methodological basis for obtaining reliable estimates on a systematic basis does not allow taking into account changes in the conditions of work, the introduction of innovative technologies, technical re-equipment, assessment and analysis of the state of production, and forecasting scientifically based directions for its improvement.

First of all, there is a need to clarify methodological approaches to standardizing labor intensity based on reliable discrete estimates of shipbuilding work, starting from the early stages of technical preparation of production for all types and objects of work. The article proposes an analysis of the accumulated scientific experience for its use in improving the standardization of labor intensity of shipbuilding work.

Keywords shipbuilding, unity of labor intensity estimates, parametric and time models, reduction of installation error, reliability, adequacy to production conditions

For citation: German G.V., Potriakhaev V.V. Clarification of methodological approaches to standardizing the labor intensity of work in shipbuilding. *FEFU: School of Engineering Bulletin*, 2024, no. 3(60), pp. 21–37. (In Russ.).

Введение

Поиск направлений совершенствования отечественного судостроительного производства в условиях рынка включает оценку и прогноз возможности обеспечить строительство конкурентоспособных кораблей, судов и морской техники (далее – судно, суда) в заданные сроки за согласованную стоимость работ [1, 5].

Оценка и прогноз возможности обеспечить строительство судна основываются на достоверном прогнозе трудоёмкости и себестоимости строительства судна, оценке выполнимости работ в условиях конкретного предприятия с учётом прогноза загрузки производства и перспективной производственной программы.

Анализ издержек производства, в том числе оценка и прогноз трудоёмкости строительства судна в целом, по видам производства, видам и подвидам работ должны проводиться на основе методического подхода, обеспечивающего достоверность оценок, адекватность условиям производства, минимальную погрешность.

По результатам этого анализа намечаются направления совершенствования системы планирования и управления производством для обеспечения выполнения работ полного портфеля заказов на строительство/ремонт судов.

1. Анализ методологических и методических подходов к оценке трудоёмкости судостроительных работ

1.1. Анализ подходов и результатов оценки трудоёмкости судостроительных работ

Традиционно в судостроении применяется многоуровневая система нормирования (планирования) трудоёмкости строительства судов. «Верхним» уровнем является расчёт проектной трудоёмкости. Расчёт проектной трудоёмкости, как следует из названия, осуществляется на стадии проектирования судна при определении ориентировочной стоимости его строительства. Проектная трудоёмкость, помимо технико-экономических расчётов, применяется при планировании в ходе подготовки производства к строительству головного судна и (или) серийных судов, строительство которых осуществляется одновременно с головным (далее – головная серия). Применяемая в судостроении более 50 лет методика позволяет определить проектную трудоёмкость строительства судна в целом и по видам работ: корпусные (обработка деталей корпуса, предварительная сборка конструкций корпуса, формирование корпуса на стапеле), трубомонтажные, механомонтажные, электромонтажные и достроечные работы, изготовление изделий машиностроительной части и испытания судна. Такая дифференциация величины проектной трудоёмкости, определяемая видами судостроительного производства, позволяет осуществить планирование трудозатрат по цехам и производственным комплексам. В основе методики определения проектной трудоёмкости лежат результаты обработки данных о фактической трудоёмкости ранее построенных судов методами корреляционно-регрессионного анализа и формирование на их основе многофакторной математической модели распределения трудоёмкости по видам работ с учётом факторов (конструктивных и технологических). В качестве параметра для нормирования проектной трудоёмкости используется масса конструкций, механизмов, систем и оборудования судна, соответствующих тому или иному

виду работ. Приказом Минпромторга России от 23.03.2023 №958 были утверждены Нормативы трудоёмкости строительства судов, содержащие методику (алгоритм) расчёта проектной трудоёмкости, нормативные значения удельной трудоёмкости и поправочные коэффициенты, учитывающие конструктивные особенности проектируемого судна и организационно-технические условия его строительства на предполагаемой верфи. Эти нормативы разрабатываются на серийно освоенное судно, то есть судно, строящееся при отработанном технологическом процессе, когда трудоёмкость строительства судна достигает устойчивого минимума, серийность учитывается введением повышающих поправочных коэффициентов для судов головной серии (от головного до серийно освоенного, исключая последний). Нормативная величина удельной трудоёмкости строительства судна определяется в функции от водоизмещения судна порожнем (или от массы основных разделов нагрузки судна), причём конкретный вид функции определяется типом судна и величиной его водоизмещения порожнем (в частности, такая функция может быть кусочно аппроксимированной). Нормативы подлежат периодическому (как правило, раз в 5–7 лет) пересмотру в части уточнения формул, констант и коэффициентов, номенклатуры типов судов, но с сохранением принципиального подхода к определению проектной трудоёмкости.

При укрупнённом расчёте трудоёмкости ремонта, кроме того, должно прогнозироваться состояние ремонтируемого объекта на момент начала ремонта.

Действовавший в судостроительной промышленности порядок сбора (и предоставления) данных о фактической трудоёмкости строительства судов позволял выделить технологическую трудоёмкость строительства судна в определённых организационно-технических условиях на «фоне» дополнительных, связанных с отклонениями от нормального технологического процесса работ.

Для укрупнённой оценки и прогнозирования трудозатрат рассматриваются три вида параметров: конструктивные, технологические и временные.

Нормативы позволяют определять трудоёмкость с дифференциацией по типам судов и водоизмещению порожнем (конструктивный параметр) и с учётом отдельных параметров, определяющих особенности технологии их строительства (технологический параметр).

В нормативах также заложен механизм планомерного снижения трудоёмкости в зависимости от года постройки судна (временной параметр) – на 1% в год от года выпуска норматива.

Нормативы трудоёмкости обеспечивают следующие возможности:

- расчёт трудоёмкости для целей определения стоимости строительства (ремонта) судов при отсутствии данных, позволяющих выполнить такой расчёт методом технического нормирования работ, предусмотренных технологическим процессом;
- использование результатов расчёта для целей подготовки и планирования производства;
- расчёт трудоёмкости производственной программы и перспективного планирования производства;
- оценка конкурентоспособности предприятия с точки зрения организационно-технических условий производства.

Распределение трудоёмкости на следующем уровне планирования – по планово-учётным единицам (ПУЕ) внутрицехового уровня – бригадокомплектам, технологическим комплектам при строительстве головного судна осуществляется на основе опыта строительства подобных судов. На судостроительных предприятиях, как правило, для таких расчётов выпускаются укрупнённые нормативы, разработанные опытно-статистическим методом, содержащие эмпирические формулы. Параметрами для нормирования в таких нормативах могут выступать различные конструктивно-технологические параметры (КТП), например, масса конструкции, количество деталей, типоразмеры металлопроката и т.п. Этот уровень условно можно считать средним в системе определения и нормирования трудоёмкости. Снижение погрешности определения трудоёмкости здесь может быть достигнуто путём совершенствования методов расчёта, а также обеспечением соответствующего уровня подготовки специалистов, выполняющих расчёты трудоёмкости и планирование производства. Улучшение качест-

ва планирования работ лежит в плоскости совершенствования структуры управления производством в целом на основе достоверных оценок трудоёмкости работ всех уровней и видов. При существующем подходе к расчёту трудоёмкости только по видам производства, укрупнённым видам и отдельным подвидам работ главная роль отводится накоплению и анализу информации о фактическом распределении работ по ПУЕ в ходе строительства судов различных проектов. По результатам анализа указанной информации могут формироваться внутризаводские справочные таблицы нормативов трудоёмкости по типовым конструктивным узлам, элементам судов, включая комплексные и специализированные производственные процессы.

Нижним, но вместе с тем обеспечивающим детальную оценку трудоёмкости, уровнем будем считать пооперационное техническое нормирование работ, предусмотренных технологическими процессами.

Разработка и реализация многоуровневой системы нормирования трудоёмкости обеспечивает:

- решение задач эффективного планирования и управления производством, планирования и реализации мероприятий по повышению эффективности производства за счёт повышения его организационного и технического уровня;

- повышение технологичности конструкции судна при проектировании;

- совершенствование организационно-технологических схем стапельных, достроечных, регулировочно-сдаточных работ на основе выравнивания загрузки при обеспечении качества работ;

- оптимизацию планирования корпусозаготовительных, корпусосборочных работ, нанесения лакокрасочных и защитных покрытий, машиностроительных, трубомедницких, трубомонтажных, механомонтажных, электромонтажных, регулировочных, достроечных, сдаточных и других видов и подвидов работ с учётом ограничений сроков их выполнения в границах строительства судна в целом;

- решение задач ликвидации «узких мест» строительства судна, разработки и внедрения инновационных технологий, совершенствования систем технологической подготовки производства (ТПП), информационно-логистической поддержки, в том числе в условиях импортозамещения, обеспечения безопасности труда, метрологического обеспечения производства, менеджмента качества судов и судового оборудования, работ вспомогательного производства, капитального строительства, подготовки кадров для решения вышеназванных проблем.

В качестве основного метода для установления количественных связей между трудоёмкостью работ по конструктивным элементам, с одной стороны, с конструктивно-технологическими параметрами и условиями производства – с другой, учитывая объём исходной информации, который может быть получен по группам судов (в соответствии с принятой классификацией), строящихся на предприятиях отрасли, используется корреляционно-регрессионный анализ. Необходимость использования этого метода подтверждается и тем, что количественные оценки трудоёмкости постройки судов, используемые для разработки нормативов, различны. Это различие обусловлено тем, что технический уровень производства и условия выполнения работ на судостроительных заводах при строительстве судов одного проекта объективно варьируют в широком диапазоне значений КТП и во времени, поэтому использование внутренних нормативов, разработанных по данным судна-аналога, привносит значительную погрешность.

Работа по формированию нормативов, таким образом, сводится к определению эмпирическим путём математических регрессионных зависимостей, обеспечивающих достоверность, адекватность условиям производства, низкую погрешность в диапазоне изменения известных или достоверно прогнозируемых значений КТП [3].

Анализ разработанных и реализованных методологических подходов для получения достоверных дискретных оценок технико-экономических показателей электромонтажного судостроительного производства был выполнен в рамках диссертационных исследований соавторов. Была выявлена и обоснована необходимость системного подхода в получении оценок показателей трудоёмкости производственных процессов судостроения на примере электромон-

тажных работ (ЭМР) на основе укрупнённого подхода с учётом конструктивно-технологической декомпозиции системы оценок трудоёмкости, взаимосвязанной с системой целей и подцелей планирования производства различного уровня.

Определена необходимость использования в моделях оценки трудоёмкости производственных процессов ЭМР значений определяющих конструктивно-технологических параметров судов и судового оборудования, известных или достоверно прогнозируемых, начиная с ранних этапов технической подготовки производства, в том числе конструктивно-технических характеристик судов (КХС), определяемых «Правилами классификации и постройки судов» Российского морского регистра судоходства.

Достоверность прогноза трудоёмкости обеспечивается использованием параметрического и временного подходов с учётом определяющих КХС и конструктивно-технологических параметров видов/подвидов работ производственных и технологических процессов ЭМР. Это легло в основу разработанных и реализованных методов оценки трудоёмкости и стоимости ЭМР, оценки их выполнимости, планирования работ «сверху донизу», учёта требований результатов планирования «снизу доверху» для обеспечения эффективности планирования и управления производством. Указанное позволило сформировать методологические подходы системы оценки трудоёмкости производственных процессов судостроительных работ.

1.2. Новые подходы к результатам оценки трудоёмкости судостроительных работ

На основе научного задела, полученного в области оценки трудоёмкости судостроительных работ, включая ЭМР [2...4, 5], установлены и частично реализованы аналогичные методологические и методические подходы к оценкам трудоёмкости по различным видам судостроительных работ [5].

Как следует из указанного выше, укрупнённая оценка трудоёмкости (проектная трудоёмкость) и детальное пооперационное техническое нормирование (нормированная трудоёмкость) выполняются на принципиально различных методических основах:

- оценка проектной трудоёмкости строительства судна в целом и по видам работ выполняется в абсолютных и относительных единицах (по судну-аналогу, по массе основных разделов нагрузки судов, по массе корпусных конструкций, по нагрузке масс судового оборудования, по проектной длине кабеля, по водоизмещению порожнем без балласта и жидких грузов и т.д.) с учётом типа, класса и назначения судна, порядкового номера судна в серии начиная с этапов его проектирования, конструкторской и технологической подготовки производства;

- нормированная трудоёмкость видов работ и укрупнённых объектов работ (секций, блоков судна, технологических модулей, планово-учётных единиц) на завершающих этапах ТПП и в ходе строительства головного судна определяется суммированием нормированной трудоёмкости отдельных работ и операций, определяемой по нормам труда (в большинстве случаев типовым отраслевым), действующим на предприятии-строителе судна, в которых в основу положен учёт множества конструктивно-технологических параметров, поправочных коэффициентов, оборудования, инструментов, средств технологического оснащения, приспособлений, условий выполнения работ (в цехе, на судне, у достроечной стенки, на горизонтальном или наклонном стапелях и т.п.), сложность и доступность мест выполнения работ, положение (верхнее, нижнее, горизонтальное) и т.д. При этом применяются абсолютные оценки трудоёмкости как в нормо-часах, так и в относительных единицах (норм. ч/м, норм. ч/кг, норм. ч/шт. и др.).

Необходимо отметить, что укрупнённые оценки трудоёмкости по видам работ отличаются от суммы детальных оценок трудоёмкости технологических процессов и операций. Это обусловлено:

- объективными различиями состава работ технологических (детальных специализированных) и производственных (комплексных) процессов, и недостаточным количеством коэф-

фициентов для учёта таких отличий, применяемых при укрупнённых расчётах проектной трудоёмкости;

- временем получения оценок, что объективно обусловлено особенностями единичного (мелкосерийного) и длительного циклов производства, присущего судостроению;
- различием методологических и метрологических подходов, так как суммирование детальных оценок приводит к появлению значительных систематических методических погрешностей, включая установочную погрешность, случайных погрешностей, получаемых перемножением относительных оценок трудоёмкости на единицу (или количество) предмета труда;
- различием несогласованных шкал оценок (абсолютной и относительной), что недопустимо при обеспечении единства оценок аналогично системе единства измерений в метрологии;
- начительной многомерностью информационной детальной базы получения оценок технологических процессов;
- отсутствием учёта взаимосвязи классификационных характеристик судов и конструктивно-технологических параметров, используемых для оценки (нормирования) трудоёмкости на различных временных этапах и уровнях оценки, включая отсутствие взаимоувязанной информационной базы данных для получения оценок;
- отсутствием достоверного учёта связей значений трудоёмкости, полученных на разных уровнях системы оценок;
- отсутствием требований обеспечения достоверности и низкой погрешности оценок;
- отсутствием совмещения параметрического и временного подходов при получении оценок и системной работы по анализу расхождений;
- отсутствием учёта технического и организационного уровней производства при укрупнённых расчётах трудоёмкости;
- отсутствием на этапах проектирования и ТПП оценок технологичности конструкции судов применительно к конкретным условиям производства.

Перечисленные отличия оценок трудоёмкости различного вида в судостроении, наряду со снижением качества нормирования труда и учёта фактических затрат, привели к отличиям фактической (отчётной) трудоёмкости, недостоверности и значительной погрешности оценок трудоёмкости начиная с ранних этапов ТПП, невозможности обоснованного выбора направлений снижения трудоёмкости и объективной оценки современного состояния судостроительного и судоремонтного производства.

Вот почему на основе накопленного научного опыта [1–5] в решении указанных проблем целесообразным является уточнение методологических подходов в создании достоверной системы нормирования трудоёмкости работ в судостроении на системной основе, в том числе для обеспечения устойчивой связи между проектной, нормированной и фактической трудоёмкостью строительства судна. Эти подходы обусловлены также необходимостью дальнейшей цифровизации производства, учётом внедрения инновационных технологий, достоверностью оценки и ограничениями численности исполнителей всех видов работ при дефиците квалифицированных рабочих кадров.

1.2.1. Анализ использования методов уменьшения случайных и систематических методических погрешностей

Техническое нормирование работ предусматривает детальные оценки трудоёмкости операций с использованием пооперационных норм времени (или установленных параметрических зависимостей) с последующим суммированием трудоёмкости работ, предусмотренных технологическим процессом (по маршрутным картам, технолого-нормировочным картам и т.п.) в общем виде:

$$T_{\text{н}} = \sum_{j=1}^M t_{\text{н}j}, \quad (1)$$

где $T_{\text{н}}$ – нормированное значение трудоёмкости, норм. ч;

M – количество технологических операций, предусмотренных рабочим технологическим процессом;

t_{nj} – норма времени на выполнение j -й операции, норм. ч.

Норма времени t_{nj} рассчитывается по действующим на предприятии справочникам норм времени на каждую деталь или сборочную единицу применительно к конкретным организационно-технологическим условиям выполнения операций по их изготовлению или сборке.

Объектом нормирования являются операция, группа взаимосвязанных операций, законченный комплекс работ, единица конечного результата работы.

В каждой такой оценке появляется случайная погрешность, обусловленная различиями в квалификации и навыках рабочих, климатическими, временными, психологическими факторами, влияющими на фактическое время выполнения единицы работы, а также устареванием нормы времени t_{nj} . Технологический процесс строительства судна может включать от десятков тысяч до нескольких миллионов нормируемых операций. Такое множество оценок величин трудоёмкости при их суммировании приводит к появлению значительной случайной погрешности при определении значения нормированной трудоёмкости строительства судна в целом и ее отклонению от фактической трудоёмкости, учитываемой при разработке укрупнённых нормативов.

Снижение методической систематической и случайных погрешностей, неизбежных в производственных условиях, обеспечивается использованием корреляционно-регрессионного анализа и синтеза при разработке моделей укрупнённой оценки трудоёмкости с учётом связей между КТП и искомым показателем трудоёмкости [2–5] в виде:

$$T = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_n * x_n, \quad (2)$$

где T – оценка трудоёмкости комплекса работ, норм. ч;

b_0, b_1, \dots, b_n – значения коэффициентов в регрессионной зависимости (2);

$x_1 \dots x_n$ – определяющие КТП судов, объектов работ, видов работ, известные или достоверно прогнозируемые на различных временных этапах и уровнях получения оценок.

Определяющие КТП наиболее простым и тесным образом связаны с искомой оценкой трудоёмкости и между собой. Необходимость учёта названных связей обеспечивает снижение систематических методических и случайных погрешностей, включая грубые выбросы. Зависимости (2) – линейные, нелинейные – при выполнении требований статистических критериев несмещённости, эффективности, состоятельности (статистической значимости), необходимой погрешности обеспечивают достоверность оценки, адекватность условиям производства [2–4]. Методика разработки таких зависимостей представлена в [3].

Использование укрупнённого подхода в получении оценок трудоёмкости, с большей дифференциацией по подвидам работ и технологическим операциям, обеспечивает сокращение систематической методической и случайных погрешностей оценок проектной трудоёмкости производственных процессов, даёт значительное увеличение репрезентативности выборки и согласованности шкал для определения относительных (удельных) показателей трудоёмкости в конкретных организационно-технологических условиях, позволяет учитывать взаимосвязь определяющих КТП судов, объектов работ, видов работ всех уровней с проверкой допустимости отличий их дисперсий и средних арифметических [3].

Безусловно, этот метод не отменяет необходимости пооперационного технического нормирования, предусмотренного Трудовым кодексом Российской Федерации, однако существенно повышает качество оценки трудоёмкости, снижает погрешность определения проектной трудоёмкости строительства судна.

1.2.2. Анализ использования методов сокращения систематической установочной погрешности

Отсутствие взаимосвязанных методических подходов многоуровневой системы оценки трудоёмкости работ в судостроении, разновременность получения оценок, неадекватность

условиям производства, анализ наличия значительных методических систематических и случайных погрешностей при методическом подходе, сформулированном в [3, 5], выявило появление значительной установочной погрешности.

Метод сокращения установочной погрешности реализован в [4] в процессе выполнения дальнейших исследований.

1.2.3. Анализ использования методов учёта технического уровня производства

Одним из факторов, снижающих точность оценки проектной трудоёмкости строительства судов, является недостаточный учёт технического уровня по видам производства конкретной верфи. В действующих нормативах трудоёмкости применяются несколько поправочных коэффициентов, так или иначе, учитывающих технический уровень производства, однако существующие на сегодня различия в техническом уровне предприятий говорят о необходимости изменения подходов к учёту его влияния на величину трудоёмкости.

По аналогии с другими факторами можно предположить, что решение указанной проблемы возможно путём введения в расчёт трудоёмкости коэффициентов, учитывающих технический уровень производства по видам (подвидам) работ, или установления эмпирической зависимости трудоёмкости от технического уровня производства. В судостроительной промышленности в 1980-х годах была создана система определителей технического уровня, которая построена с учётом необходимости всесторонней оценки применяемой технологии, степени оснащения оборудованием и средствами механизации и автоматизации, а также применяемых форм организации производства, при этом каждый из определителей характеризует степень их совершенства для определённого вида работы. Оценка технического уровня каждого вида работы производится путём сопоставления применяемой технологии, оснастки и организации производства с системой определителей. По результатам исследования технико-экономических показателей строительства судов на предприятиях с различным техническим уровнем по видам работ были определены эмпирические соотношения между значениями технического уровня, ростом производительности труда и изменением технологической трудоёмкости строительства судов.

В работе [5] была предложена новая методика оценки потенциалов (технического уровня судостроительных работ) на основе метода главных компонент (МГК). Результаты сопоставительного анализа технического уровня механомонтажного и машиностроительного производства для девяти судостроительных предприятий ОСК ($Y_1...Y_9$) [5] представлены на рис. 1 и 2.

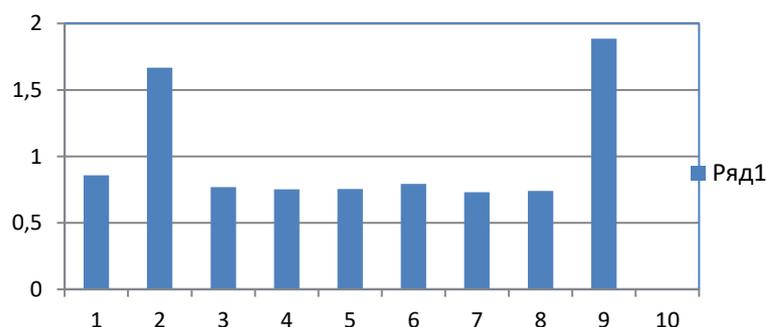


Рис. 1. Оценка производственно-технологических потенциалов (переделов) механомонтажного производства: столбец 1 – средняя (базовая) оценка; столбцы 2–10 – оценки производственно-технологических потенциалов для предприятий ($Y_1...Y_9$) ОСК. Предприятие Y_9 (столбец 10) не выполняет механомонтажных работ

Fig. 1. Assessment of production and technological potentials (redistributions) of mechanical installation production: column 1 – average (basic) assessment; columns 2–10 – assessment of production and technological potentials for enterprises ($y_1...y_9$) USC. Enterprise y_9 (column 10) does not perform mechanical installation work

Комплексные методические подходы оценок технического уровня работ, полученные на основе анализа результатов фактического выполнения работ [5] (см. рис. 1, 2) в сочетании с корреляционно-регрессионным анализом иных показателей (например, достигнутыми значениями продвижения работ в процессе строительства судов [4], особенностями стапельных линий и т.д.) могут быть использованы для оценки результатов деятельности судостроительных предприятий на основе МГК.

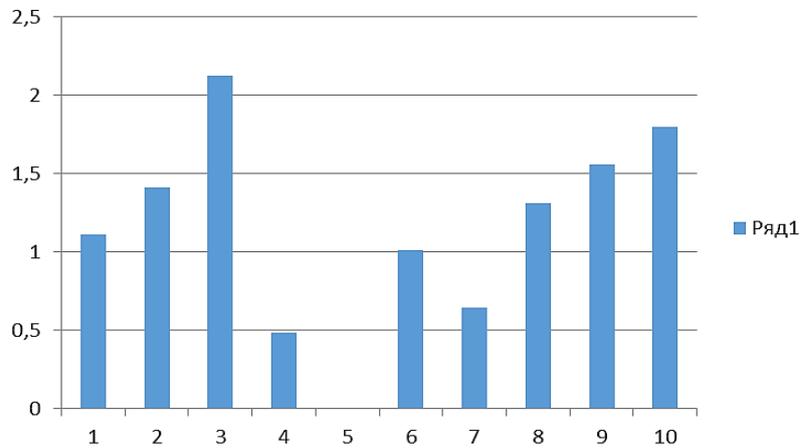


Рис. 2. Оценка производственно-технологических потенциалов (переделов) машиностроительного производства:

столбец 1 – средняя (базовая) оценка; столбцы 2–10 – оценки производственно-технологических потенциалов тех же самых предприятий (У₁...У₉) ОСК.

Предприятие У₄ (столбец 5) не имеет в своём составе машиностроительного производства

Fig. 2. Assessment of production and technological potentials (redistributions) of mechanical engineering production:

column 1 – average (basic) assessment; columns 2-10 – assessing the production and technological potential of the same enterprises (y₁...y₉) USC.

Enterprise y₄ (column 5) does not include mechanical engineering production

Создание системы достоверных дискретных оценок трудоёмкости работ в судостроении, отвечающей современным требованиям, возможно на основе уточнения и учёта накопленного опыта по новым методологическим подходам в нормировании и оценке значений технологической трудоёмкости названных работ.

1.3 Уточнённые методологические подходы получения оценок трудоёмкости работ в судостроении

Анализ трудовых затрат на строительство судов предполагает непосредственное сопоставление проектной, нормированной и фактической трудоёмкости по отдельным конструктивным элементам судна.

Отклонение фактической трудоёмкости от проектной, которая определяет норму трудоёмкости, должно характеризовать «отставание» или «опережение» организационно-технических условий производства верфи от уровня, достигнутого на одной или нескольких верфях, ранее строивших аналогичные суда. Исходя из этого норма трудоёмкости является не только показателем для определения плановой себестоимости судна и ориентировочной цены его строительства, но и, в известном смысле, «ориентиром» и основой для принятия управленческих решений по совершенствованию организации и технологии производства.

Качество этих управленческих решений зависит от информативности результатов сопоставления проектной и фактической трудоёмкости. Так, если известна норма трудоёмкости по судну в целом, по результатам сопоставления с фактической трудоёмкостью можно судить только об общем соответствии организационно-технического уровня производства верфи некоторому среднему (например, среднеотраслевому) уровню. Выявить проблемные участки

при таком анализе достаточно сложно. С другой стороны, если известна норма трудоемкости с дифференциацией по видам производства, видам и подвидам работ, результат сравнения с аналогичными фактическими показателями позволит более точно выявить проблемные участки производственной среды.

Дифференциация трудовых затрат, с одной стороны, способствует повышению уровня экономического обоснования конструкторских решений и улучшению качества планирования и подготовки производства при организации строительства головного судна на предприятии, так как даёт возможность более качественного определения удельных значений трудоёмкости работ по технологическим этапам и комплектам, но, с другой стороны, предъявляет повышенные требования к унификации учёта трудоёмкости на предприятиях и усложняет верификацию данных о фактической трудоёмкости, на основе которых разрабатываются укрупнённые нормативы. Эта проблема может быть решена внедрением средств автоматизации (цифровизации) планирования и учёта трудоёмкости, а также установлением единых классификаторов для обозначения ПУЕ всех уровней.

При необходимости разработки нормативов на конструкции, массы которых не выделяются в таблицах весовой нагрузки (например, днищевые и бортовые секции корпуса, отдельные системы, биологическая защита и т.д.), эти массы могут определяться по рабочим чертежам. Таким образом, по данным учёта трудоёмкости по рабочим чертежам может быть разработан норматив в объёме работ любой конструктивной группы, установленной классификатором технических документов.

Пример многоуровневой укрупнённой схемы декомпозиции оценок трудоёмкости для руководства в качестве системной основы представлен на рис. 3.

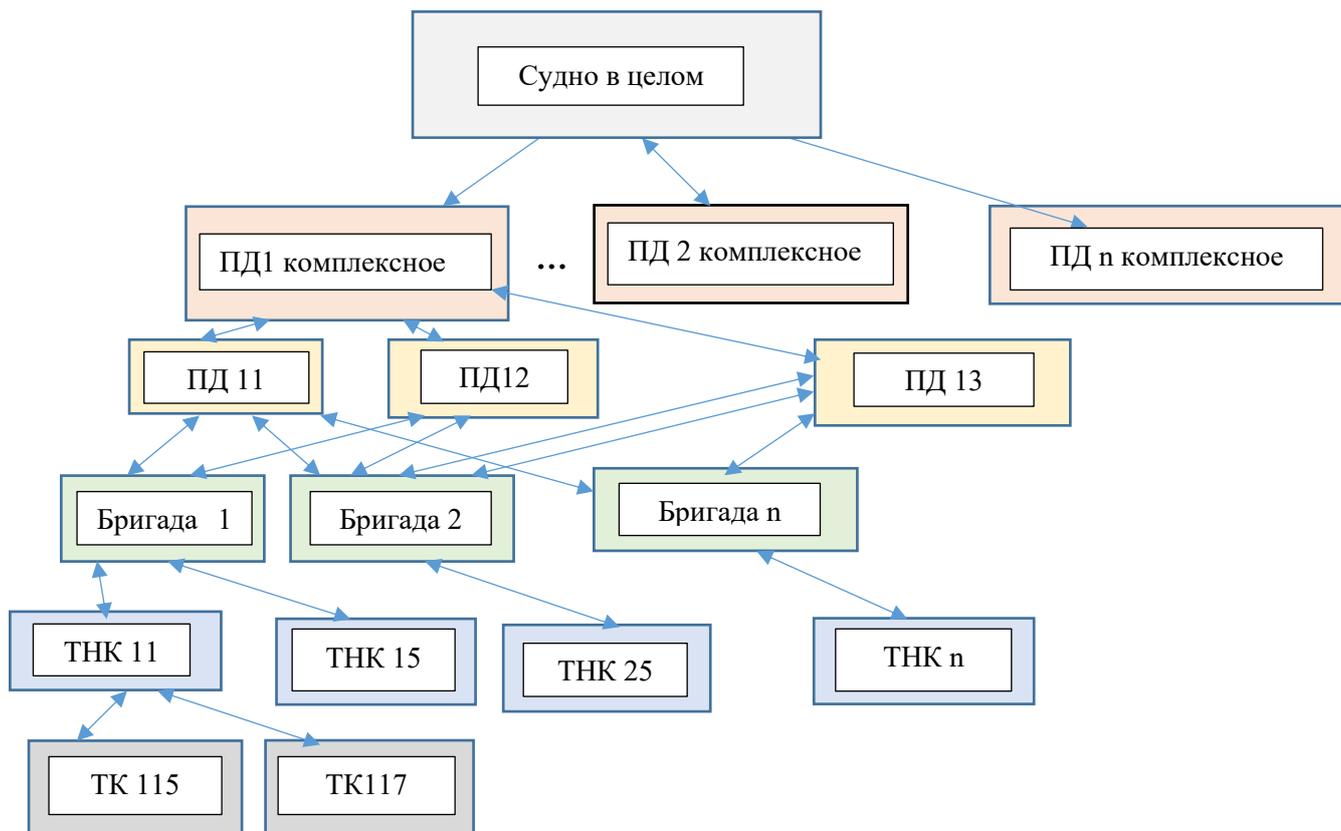


Рис. 3. Укрупнённая упрощённая схема декомпозиции оценок трудоёмкости в объектах работ различного уровня

Fig. 3 Enlarged simplified scheme for decomposition of labor intensity estimates in work objects of various levels

Схемы декомпозиции оценок трудоёмкости, принятые на каждом судостроительном предприятии, могут различаться, однако для целей управления на уровне интегрированной структуры или отрасли (например, при разработке нормативных документов) в данном вопросе предпочтительна стандартизация или единая кодификация.

Основополагающие методологические подходы в получении достоверных дискретных оценок показателей производства в судостроении представлены в [5]. С учётом изложенного следует дополнить ряд положений по созданию систем оценки трудоёмкости судостроительных работ с учётом выполненных исследований и накопленного научного опыта решения названных задач.

Основными требованиями к многоуровневой системе оценок трудоёмкости различного вида, взаимосвязанной с декомпозицией задач планирования и управления производством, являются следующие:

– оценки показателей трудоёмкости должны быть представлены в абсолютных единицах (нормо-часах) или в относительных единицах (в случае необходимости) при согласовании шкал абсолютных и относительных оценок;

– методы получения оценок и виды моделей должны соответствовать следующим требованиям:

- ✓ оценки трудоёмкости могут быть получены на базе детерминированного и стохастического подходов [3, 5];
- ✓ детерминированные оценки могут быть получены методами корреляционно-регрессионного анализа и синтеза моделей [3], методом главных компонент [6] или другими подобными методами математической статистики;
- ✓ при получении стохастических оценок могут быть использованы методы статистического имитационного моделирования, например, метод Монте-Карло;
- ✓ могут быть использованы следующие модели оценок: параметрические, линейные и нелинейные, временные, абсолютные удельные, отнесённые к значениям определяющих параметров, относительные, средние и дисперсии [3–5] и др.;
- ✓ достоверность моделей должна соответствовать статистическим критериям несмещённости, эффективности, статистической значимости;
- ✓ модели, удовлетворяющие статистическим критериям, должны содержать оценку и проверку достигнутой погрешности при их использовании [3], включая вид графиков остатков;
- ✓ обеспечение адекватности условиям конкретного производства должна быть достигнута за счёт использования при разработке моделей оценки фактических статистических данных по построенным судам за предыдущий 5–7-летний ретроспективный период;
- ✓ должна быть выполнена декомпозиция на укрупнённые и детальные виды работ и конструктивно-технологические объекты работ: судно в целом; строительные районы, блоки, укрупнённые технологические модули (комплексные построечные документы – ПД комплексные); детальные технологические модули (детальные ПД), другие ПУЕ – бригадокомплекты, подкомплекты, технолого-нормировочные карты (ТНК) по видам укрупнённых работ, технологические комплекты (ТК), детальные виды работ по технологическим процессам (ТП) и операциям, определяемые маршрутными картами (МК).

2. Новые методические подходы к получению оценок трудоёмкости работ в судостроении

2.1. Методы получения оценок трудоёмкости

Методы получения оценок трудоёмкости изложены в [3] и дополнены по результатам выполненных исследований в публикациях [4–6].

Оценка фактической трудоёмкости строительства судов может быть получена на основе массива данных фактической трудоёмкости построенных судов, учёта вида и тесноты статистических связей между классификационными характеристиками судов и значением по-казателя трудоёмкости, с применением корреляционно-регрессионного анализа и синтеза в виде:

$$y_{\phi} = b_0 + b_1 * x_i, \tag{3}$$

где y_{ϕ} – фактическая трудоёмкость строительства судна, норм. ч;
 b_0, b_1 – коэффициенты регрессионной модели оценки;
 x_i – значение классификационной характеристики судна.

Примеры рассчитанных параметрических зависимостей, полученные для танкеров ледового класса, представлены в [3, табл. 9]. Множество определяющих классификационных характеристик для танкеров включает $\{x_1 \dots x_{43}\}$. Регрессионная модель оценки трудоёмкости, рассчитанная на основе значения водоизмещения судна порожнем, имеет вид:

$$y_{\phi} = -2177568,8 + 99,251x_1^*, \tag{4}$$

где y_{ϕ} – фактическое значение трудоёмкости строительства, норм. ч;
 x_1^* – проектное значение водоизмещения порожнем D_0 , т;
 $R = 0,9858$ – значение множественного коэффициента корреляции;
 погрешность модели – 1,42 %.

Временной прогноз трудоёмкости строительства судовых заказов с использованием определяющих классификационных характеристик судов представлен в [3, табл. 10]:

$$\lg(y_{\phi}/x_1^*) = 1,727179 + 0,010946t, \tag{5}$$

где t – время начала строительства судна, в кодах временной шкалы, отсчитываемых от 1 января 2004 г.

$\rho = 0,988$ – корреляционное отношение; погрешность модели – 1.2 %.

Пример использования временного подхода оценки трудоёмкости с осреднением результатов приведён в [4].

Оценка трудоёмкости по укрупнённым видам работ для группы однотипных заказов – танкеров ледового класса получена на основе корреляционно-регрессионного анализа и синтеза [3, табл. 7] и имеет вид (табл. 1) для линейных регрессионных зависимостей и вид (табл. 2) для нелинейных регрессионных зависимостей.

Таблица / Table 1

Параметрические модели оценки трудоёмкости по укрупнённым видам судостроительных работ (линейные регрессионные зависимости)
 Parametric models for assessing labor intensity for enlarged types of shipbuilding work (linear regression dependencies)

№ пп.	Вид зависимости	\bar{e}	R	ρ	δ	Фрасч.
1	$y_1 = -0,3344735 + 0,4100494y_{\phi}$	0	0,8833	-	0,1167	57,6
2	$y_4 = -0,1320495 + 0,195401 * y_{\phi}$	0	0,989	-	0,011	140
3	$y_5 = -0,1022867 + 0,1618842 * y_{\phi}$	0	0,9632	-	0,0368	40,5
4	$y_7 = 0,4224229 - 0,0661141 * y_{\phi}$	0	0,9973	-	0,0027	152,5
5	$y_8 = 0,4402787 - 0,0654248 * y_{\phi}$	0	0,923	-	0,077	46,05

Таблица / Table 2

Параметрические модели оценки трудоёмкости по укрупнённым видам судостроительных работ (нелинейные регрессионные зависимости)
 Parametric models for assessing labor intensity for enlarged types of shipbuilding work (nonlinear regression dependencies)

№ пп.	Вид зависимости	$\bar{\epsilon}$	ρ_1	ρ_2	δ	Примечание
7	$\lg(y_2 \setminus y_{\phi}) = -0,3027726 - 1,177888 * \lg y_{\phi}$	1,5E-07	0	1	0	Модель значима
8	$\lg(y_3 \setminus y_{\phi}) = -0,7428584 - 0,5841188 * y_{\phi}$	2,2E-07	0.435	0,900	0,1	Модель значима
9	$\lg(y_6 \setminus y_{\phi}) = -0,7787264 - 0,07144822 * y_{\phi}$	-0,01	0.7445	0.6675	0,171	Модель не значима
10	$\lg(y_6 \setminus y_{\phi}) = 0,7834133 - 0,5001945 * \lg y_{\phi}$	5E-06	0.7816	0.6238	0.181	Модель предлагается к использованию с другими расчётными зависимостями

Обозначения, принятые в табл. 1, 2: $\bar{\epsilon}$ – средний остаток; R – множественный коэффициент корреляции; ρ – корреляционное отношение; δ – погрешность при использовании модели; F – значение критерия Фишера для линейных моделей.

Примечание. При расчётах в таблице значения y_{ϕ} масштабированы умножением на 10^{-6} . При расчёте прогнозируемых значений полученный результат следует умножить на 10^6 .

- y_{ϕ} – фактическая (отчётная) трудоёмкость строительства, норм. ч;
- y_1 – трудоёмкость работ корпусообработывающего производства, норм. ч;
- y_2 – трудоёмкость работ машиностроительного производства, норм. ч;
- y_3 – трудоёмкость работ трубомедницкого производства, норм. ч;
- y_4 – трудоёмкость работ сборочно-сварочного производства, норм. ч;
- y_5 – трудоёмкость механомонтажных работ, норм. ч;
- y_6 – трудоёмкость трубомонтажных работ, норм. ч;
- y_7 – трудоёмкость стапельных работ, норм. ч;
- y_8 – трудоёмкость достроечных работ, норм. ч;
- $y_{\text{пр}}^*$ – проектное значение трудоёмкости строительства заказа, норм. ч.

Designations adopted in table. 1.1, 1.2: $\bar{\epsilon}$ – average balance; R – multiple correlation coefficient; ρ – correlation ratio; δ – error when using the model. F – Fisher test value for linear models.

Note. When calculating in the table, the UV values are scaled by multiplying by $E-6$. When calculating the predicted values, the result should be multiplied by $E+6$.

In calculations in the table, the values are scaled by multiplying by $E-6$. When calculating the predicted values, the obtained result should be multiplied by $E+6$.

- y_f – actual (reported) labor intensity of construction, standard hours;
- y_1 – labor intensity of work in hull processing production, standard hours;
- y_2 – labor intensity of engineering production work, standard hours;
- y_3 – labor intensity of pipe production work, standard hours;
- y_4 – labor intensity of assembly and welding production, standard hours;
- y_5 – labor intensity of mechanical installation work, standard hours;
- y_6 – labor intensity of pipe installation work, standard hours;
- y_7 – labor intensity of slipway work; standard hours
- y_8 – labor intensity of outfitting work, standard hours;
- y_p^* – the design value of the labor intensity of the construction of the order, standard hours.

2.2. Совершенствование информационной базы данных конструктивно-технологических параметров для различных временных этапов и уровней

2.2.1. Совершенствование информационной базы данных (БД) КТП:

- совершенствование структуры БД оценок трудоёмкости работ различного уровня (см. рис. 3) в целях обеспечения взаимоувязанного подхода в нормировании и получении оценок трудоёмкости различного уровня;

- выявление определяющих (с точки зрения трудоёмкости) КТП всех уровней по связям [3] (КРА) и вкладам [5] (МГК) в оценку трудоёмкости, полученную различными методами; сопоставление результатов выявления определяющих КТП;

- ориентировочное выявление совпадающих по номенклатуре КТП, имеющих наибольшие связи и вклады для использования в гипотезах моделей оценки различных уровней и объектов работ;

- определение и анализ связей КТП различных уровней, составление полной матрицы парных коэффициентов корреляции: оценка вкладов КТП низшего уровня в КТП более высокого уровня [5], выявление определяющих КТП низшего уровня для включения в состав взаимоувязанной БД;

- проверка однородности массивов КТП различных уровней совпадающей номенклатуры по допустимости отличий дисперсий и средних арифметических) [3], определение поправочных коэффициентов для оценки КТП различных уровней совпадающей номенклатуры;

- при наличии ограничений БД по номенклатуре КТП анализ связей и расчёт регрессионных зависимостей оценки КТП низшего уровня на основе значений КТП высшего уровня.

Анализ связей, составляющих трудоёмкости одного уровня с суммарной оценкой трудоёмкости на основе [3], позволяет выдвинуть и проверить гипотезу о виде модели.

2.2.2. Корректировка шкалы относительных оценок, составляющих трудоёмкости по укрупнённым видам и укрупнённым объектам работ

Корректировка шкалы выполняется для учёта конкретных организационно-технических условий и уточнения фактических относительных (удельных) значений трудоёмкости и включает:

- составление БД фактических относительных значений трудоёмкости укрупнённых видов работ по построенным судам;

- оценку связей на основе корреляционно-регрессионного анализа [3] и потенциалов относительных значений трудоёмкости МГК на основе значений новых независимых переменных Z [5];

- корректировку относительных значений трудоёмкости с учётом полученных значений потенциалов на основе разработанных регрессионных зависимостей итоговой оценки МГК [5];

- получение абсолютных значений, составляющих трудоёмкости, достигается перемножением суммарного значения трудоёмкости работ на откорректированные относительные значения, что обеспечивает согласование шкал относительных и абсолютных оценок.

Реализация названных подходов представляет усовершенствование используемых на предприятиях разнообразных баз данных и методических подходов их оценки, не взаимоувязанных сегодня в процессе получения достоверных оценок трудоёмкости различных уровней (см. рис. 3), адекватных условиям производства, обеспечивающих единство и минимальную погрешность оценок.

Кроме того, названные подходы обеспечивают оптимизацию планирования производства всех уровней на достоверной основе.

2.2.3. Совокупность методических приёмов, обеспечивающих оптимизацию поиска достоверных математических моделей оценки трудоёмкости

Накопленным опытом исследований и получения достоверных моделей оценки определена совокупность методических приёмов, обеспечивающих оптимизацию процесса:

- статистика фактических данных наблюдений для получения достоверных моделей оценки может содержать $n = 10 \dots 20$ (максимум 50) наблюдений; минимальное число наблюдений $n = 3$ (для однопараметрических моделей); $n = 5$ (для двухпараметрических моделей);
- обязательность установления связей и вкладов КТП с оценками значений фактической трудоёмкости [2–6] для выявления определяющих классификационных характеристик судов и КТП видов/подвидов работ в объектах работ всех уровней;
- визуализация графиков $y/x = f(x)$ для анализа возможных выбросов фактических оценок, установление причин появления выбросов: грубая ошибка исходных данных или отличный характер производственного процесса, что вызывает необходимость декомпозиции БД. Установление характера изменения области значений, определение необходимости использования пассивного или активного статистического эксперимента. При пассивном статистическом эксперименте определение закона распределения и его параметров. При активном статистическом эксперименте поиск наиболее вероятной модели на основе вида графика $y/x = f(x)$ и анализа связей¹:
- оценка правильности вычислений на основе совпадения суммы исходных данных и вычисленных с помощью предполагаемой модели (гипотезы) $\sum y_i = \sum y_{i \text{ расч.}}$, что особенно важно при большой значимости цифровой информации;
- обязательность проверки наличия значительной установочной погрешности в соответствии с методикой, при необходимости корректировка модели;
- при разработке математических регрессионных зависимостей проверка требований статистических критериев с анализом вида графика остатков и погрешности при использовании модели [3];
- при стохастическом имитационном моделировании обеспечение стационарности процесса;
- обязательность согласования шкал абсолютных и относительных оценок.

3. Обсуждение результатов

В целях повышения эффективности судостроительного производства результаты выполненных научных исследований [2–6] позволяют:

- 1) разработать и реализовать методы системного подхода на основе методологии системы достоверных дискретных оценок трудоёмкости судостроительных работ;
- 2) выполнять оценку современного состояния и прогноза основных направлений повышения эффективности судостроительного производства;
- 3) разработать отвечающие современным требованиям отраслевые методические материалы по нормированию трудоёмкости работ в судостроении всех видов и уровней начиная с ранних этапов проектирования, конструкторской и технологической подготовки производства;
- 4) разрабатывать новые методы, алгоритмы, математические зависимости оценки трудоёмкости различных уровней декомпозиции по видам и объектам работ, обеспечивающие взаимосвязь, достоверность, низкую погрешность оценок, адекватность условиям производства для различных судостроительных предприятий;
- 5) получать оценки производственно-технологических потенциалов для сопоставительной оценки выполнения работ на судостроительных предприятиях;

¹ Примечание: наиболее часто встречается нормальный закон распределения данных, полученных суммированием. Упрощённая методика оценки принадлежности к нормальному закону распределения для числа наблюдений $n < 50$ приведена в [3].

б) прогнозировать во времени достижимые значения продвижения работ в процессе строительства судов, выявлять и оценивать мероприятия по эффективному обеспечению нового строительства;

7) учитывать влияние внутренних и внешних факторов производства, на основе детерминированного и стохастического подходов в процессе получения оценок трудоёмкости;

8) уточнять объективно оценки выполнимости работ по договорам в рамках всего портфеля заказов;

9) определять значения коэффициентов технического и организационного уровня производства как показателей его эффективности;

10) решать задачи планирования, оптимизации и корректировки планов работ на основе использования достоверных оценок показателей трудоёмкости по выбранным целевым функциям с учётом ограничений различного вида (производственных, логистических, численности производственных рабочих, появления дополнительных работ, не предусмотренных технологией строительства судов и т. д.);

11) оптимизировать численность инженерно-технических работников, участвующих в решении задач ТПП, включая цеховых технологов-нормировщиков, в том числе за счет цифровизации процессов нормирования, планирования, учета трудоёмкости;

12) методология, методы, методические подходы, расчётные зависимости (модели оценки), экспериментальные, аналитические зависимости и т.д., методики, алгоритмы получения оценок (например, выявлением связей, усреднением, сочетанием параметрического и временного подходов и т.д.) должны быть ранжированы в системном, статистически активном эксперименте при создании системы нормирования трудоёмкости работ в судостроении.

Заключение

Уточнение и обобщение накопленного научного опыта в получении достоверных оценок и анализ направлений совершенствования судостроительного производства, изложенные в статье, позволили:

- более детально проанализировать актуальные проблемы судостроительного производства, обуславливающие необходимость воссоздания в отрасли на системной основе системы нормирования труда и оценки трудоёмкости в судостроении;

- выполнить анализ и дополнить применяемые на практике методологические и методические подходы к получению достоверных оценок трудоёмкости судостроительных работ.

Реализация изложенных предложений повысит качество определения ориентировочной цены и планирования производства при подготовке и заключении контрактов на строительство судов, а также позволит выполнять более точную оценку трудоёмкости при анализе и прогнозах развития судостроительных предприятий и отрасли в целом.

ВКЛАД АВТОРОВ | CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Г. Герман – разработка концепции и новых методологических подходов, анализ и интерпретация результатов, подготовка и редактирование текста. В. Потряхаев – разработка концепции, обзор и анализ существующих подходов в нормировании трудоёмкости судостроительных работ, подготовка и редактирование текста.

G. German – Development of the concept and new methodological approaches, analysis and interpretation of results, preparation and editing of the text. V. Potryakhaev – Development of the concept, review and analysis of existing approaches to standardizing the complexity of shipbuilding work, preparation and editing of the text.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ | CONFLICT OF INTERESTS

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Александров В.Л., Перельгин А.В., Соколов В.Ф. Судостроительное предприятие в условиях рынка: проблемы адаптации и развития. Санкт-Петербург: Судостроение, 2003. 423 с.
2. Юрьев О.Ю. Разработка и реализация системы укрупнённых нормативов по труду в процессе строительства судов: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2002. 187 с.
3. Герман Г.В., Черненко В.И., Резник Б.Л., Черкас Д.Д. Расчётно-аналитические методы и их использование при решении задач технологической подготовки машиностроительного и судостроительного производств. Санкт-Петербург, 2015. 63 с.
4. Герман Г.В. Методологические подходы в получении достоверных дискретных оценок показателей производства в судостроении // Технологическое предпринимательство, коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности и трансфер технологий: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Пермь, 2021. С. 83–89.
5. Герман Г.В., Никитин Н.В. Методы оценки производственно-технологических работ в судостроении // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 2, № 4(53). С. 135–139.

REFERENCES

1. Alexandrov V.L., Perelygin A.V., Sokolov V.F. Shipbuilding enterprise in market conditions: problems of adaptation and development. Saint-Petersburg, Shipbuilding Publ., 2003, 423 p. (In Russ.).
2. Yuryev O.Yu. Development and implementation of a system of consolidated labor standards in the process of ship construction. Ph.D. (Eng.) Thesis. Saint-Petersburg, 2002, 187 p. (In Russ.).
3. German G.V., Chernenko V.I., Reznik B.L., Cherkas D.D. Computational and analytical methods and their use in solving problems of technological preparation of machine-building and shipbuilding industries. Saint-Petersburg, SPbGMTU Publ., 2015, 63 p. (In Russ.).
4. German G.V. Methodological approaches in obtaining reliable discrete estimates of production indicators in shipbuilding. *Technological entrepreneurship, commercialization of intellectual activity results and technology transfer*. Materials of the II All-Russian Scientific and Practical conference. Perm, 2021, pp. 83–89. (In Russ.).
5. German G.V., Nikitin N.V. Methods of evaluating production and technological work in shipbuilding. *Marine intelligent technologies*, 2021, vol. 2, no. 4 (53), pp. 135–139. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Герман Галина Валентиновна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии судостроения Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, член-корреспондент Метрологической академии наук им. Д.И. Менделеева (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

✉ germangalina@yandex.ru, <https://orcid.org/00009-0009-9013-497X>

Galina V. German, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of Marine Engineering Technology, St. Petersburg State Technical University, Corresponding Member of the Dmitry I. Mendeleev Metrological Academy of Sciences (Saint Petersburg, Russian Federation)

Потряхаев Вячеслав Вячеславович – начальник отдела трудоёмкости Отраслевого научно-технического центра экономики, ценообразования, трудоёмкости и нормирования труда судостроительной промышленности АО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

✉ potryakhaev@sstc.spb.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8449-1021>

Viacheslav V. Potriakhaev, Head of the Department of JSC Shipbuilding and Ship Repair Technology Center (Saint Petersburg, Russian Federation)

Статья поступила в редакцию / Received: 17.05.2024.

Доработана после рецензирования / Revised: 19.07.2024.

Принята к публикации / Accepted: 20.09.2024.