



ОБ УТОЧНЯЮЩИХ
КОЭФФИЦИЕНТАХ СЕКЦИОННОЙ
СБОРКИ ПРИ ЗАКЛАДКЕ
ПЛАНОВОЙ ТРУДОЕМКОСТИ
В ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА

Д.К. Мельников, магистрант,
инженер-конструктор КБ оснастки,
УКТПП АО ПСЗ «Янтарь»
dima13.95@mail.ru

А.В. Дектярев, магистрант,
инженер-технолог корпусного бюро,
УКТПП АО ПСЗ «Янтарь»
nwasanches@mail.ru

В.Н. Морозов, канд. техн. наук, доцент,
зам. декана по НР ФСЭ
ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет»
mvm3613@gmail.com

В работе представлено обоснование необходимости проведения качественных и систематизированных процессов подготовки производства на судостроительных предприятиях при составлении плановой трудоемкости. Рассмотрена иерархическая система технологической документации и дан пример автоматизированной системы подготовки производства. Проведен статистический анализ секций различных судов и выведены уточняющие коэффициенты учета веса набора и прочих внутренних конструкций, необходимые при расчете масс секций для более точной системы планирования производства. Дополнительно, согласно требованиям РМРС, построены графики зависимости уточняющих коэффициентов от шпации судна.

трудоемкость, уточняющие коэффициенты, массы секций, технологическая документация, планирование, подготовка производства, GlobalStarter, статистический анализ

В современном мире судостроительная промышленность представлена огромным количеством различных предприятий по всему миру – судостроительных, судоремонтных, отдельных конструкторских бюро, портов, верфей и т. д. Судостроение, как и любая другая отрасль тяжелой промышленности, состоит не только из своей практической составляющей – конкретно проведения работ (сборка конструкций, сварка, правка и т. д.), но и объемной части теоретико-практической базы, т. е. выпуска всевозможной документации, по которой будут производиться вышеупомянутые работы (разработка проектов, составление технологических схем, расчет экономических затрат и т. д.). К подобным технологическим документам судостроительного производства можно отнести любую документацию графического или текстового вида, которая может определить организационные и технологические методики производственных процессов изготовления судов, а также работы, связанные с конструкторско-технологической подготовкой производства.

Согласно [1, 2] вся технологическая документация судостроительного производства подразделяется на основную и вспомогательную. Основная технологическая документация включает в себя документы общего и специального назначения. К документам общего назна-

чения относятся организационно-технологические документы производства и документы технологических процессов. К специальным – документация для отдельных видов судостроительных производств завода. В табл. 1 дается перечень организационно-технологических документов судостроительного производства.

Таблица 1 – Виды основных организационно-технологических документов

Вид документа	Условное обозначение	Назначение
График подготовки производства для постройки головного и серийных судов	ГПП	Организация работ по комплексной подготовке производства к постройке судов и контроль за ходом выполнения этих работ
Проектная технология и организация постройки головного и серийных судов	ПТО	Описание основных положений по технологии и организации постройки судна в целом и по отдельным видам производств с разбивкой работ на строительные периоды
Ведомости технологических этапов	ВТЭ	Технологическая разбивка работ по постройке судна в пределах каждого периода постройки
Ведомости технологических цехозапасов	ВТЦЭ	Технологическая разбивка работ по постройке судна по каждому цеху в пределах ВТЭ
Ведомости технологических платежных этапов	ВПЭ	Разбивка на планово-учетные единицы товарного выпуска продукции при постройке судна
Ведомости технологических комплектов	ВТК	Технологическая разбивка деталей, сборочных единиц и изделий на технологические комплекты для каждого цеха в пределах ВТЦЭ
Ведомости технологических подкомплектов	ВТПК	Технологическая разбивка деталей, сборочных единиц и изделий на технологические подкомплекты для каждого цеха в пределах ВТК
Ведомость технологических бригадокомплектов	ВТБК	Технологическая разбивка деталей, сборочных единиц и изделий на технологические подкомплекты для каждого цеха в пределах ВТК, ВТПК
Технологический график постройки судна	ТГ	Организация и управление процессом постройки судна. Для головного судна – укрупненный технологический график постройки судна с разбивкой на периоды и цехозапасы с учетом работ, выполняемых субподрядчиками
Организационно-технологический проект постройки судна	ОТП	Обеспечение функционирования прогрессивной технологии и организации производства и труда, средств механизации и автоматизации производственных процессов и прогрессивных систем управления производством

Данная таблица наглядно демонстрирует основной перечень организационно-технологических документов, необходимых любому предприятию для грамотного планирования производства. В большинстве подобной документации необходимо закладывать плановую трудоемкость на какие-либо виды работ, т.е. плановые затраты рабочего времени на единицу продукции в данный период [3]. Она представляет собой некую абстрактную величину нормо-часов, которая, основываясь на различные субъективные параметры видов работ и конечной продукции, должна быть максимально приближена к технологической трудоемкости (действительные затраты рабочего времени на единицу продукции в данный период [3]). Если идеализировать производственный цикл, то плановая трудоемкость должна соответствовать технологической трудоемкости, но, как правило, технологическая трудоемкость превышает плановую в несколько раз. Это зависит

от ряда факторов: нехватка входящей документации для планирования производства, несвоевременная поставка чертежей от конструкторского бюро, отсутствие регламентированной методики расчета плановых нормо-часов, несоответствие планов инженерно-руководящего состава к реальным цеховым условиям и т. д.

Главным документом в подготовке производства, характеризующим плановую трудоемкость на обработку деталей, сборку и сварку секций, их правку, испытания на конструктивность и непроницаемость, установку насыщения, стыковку блоков между собой, является ВТЭ. Он используется для месячного, квартального и годового планирования и учета объема работ, поставок материалов и комплектующих изделий, товарного выпуска продукции и себестоимости постройки, планирования выпуска конструкторской и технологической документации [1].

Сейчас, в эпоху внедрения методик механизации и автоматизации различных отраслей, ВТЭ формируются при помощи специальных программ для автоматизированного планирования производства. К примеру, одной из таких программ является КИС Global Starter – российская информационная система для автоматизации производства, торговли, склада, ремонтов, финансов, управления персоналом и др. Интерфейс программы КИС можно позаимствовать из работы [4].

Порядок формирования ВТЭ в программах такого рода схематично представлен на рис. 1. Планово-учетная группа (ПУГ) является составной частью ПУЕ – планово-учетной единицы, представляющей собой структурированный иерархический список всех работ, необходимых для выполнения заказа. В данном случае, за ПУГ принимается сборка днищевых секций второго блока. Она подразделяется на техкомплекты – сборку конкретной определенной секции, которые, в свою очередь, составляются из подкомплектов – видов отдельных работ, на которую рассчитывается трудоемкость. Затем трудоемкость суммируется и получается общая суммарная трудоемкость на ПУГ.

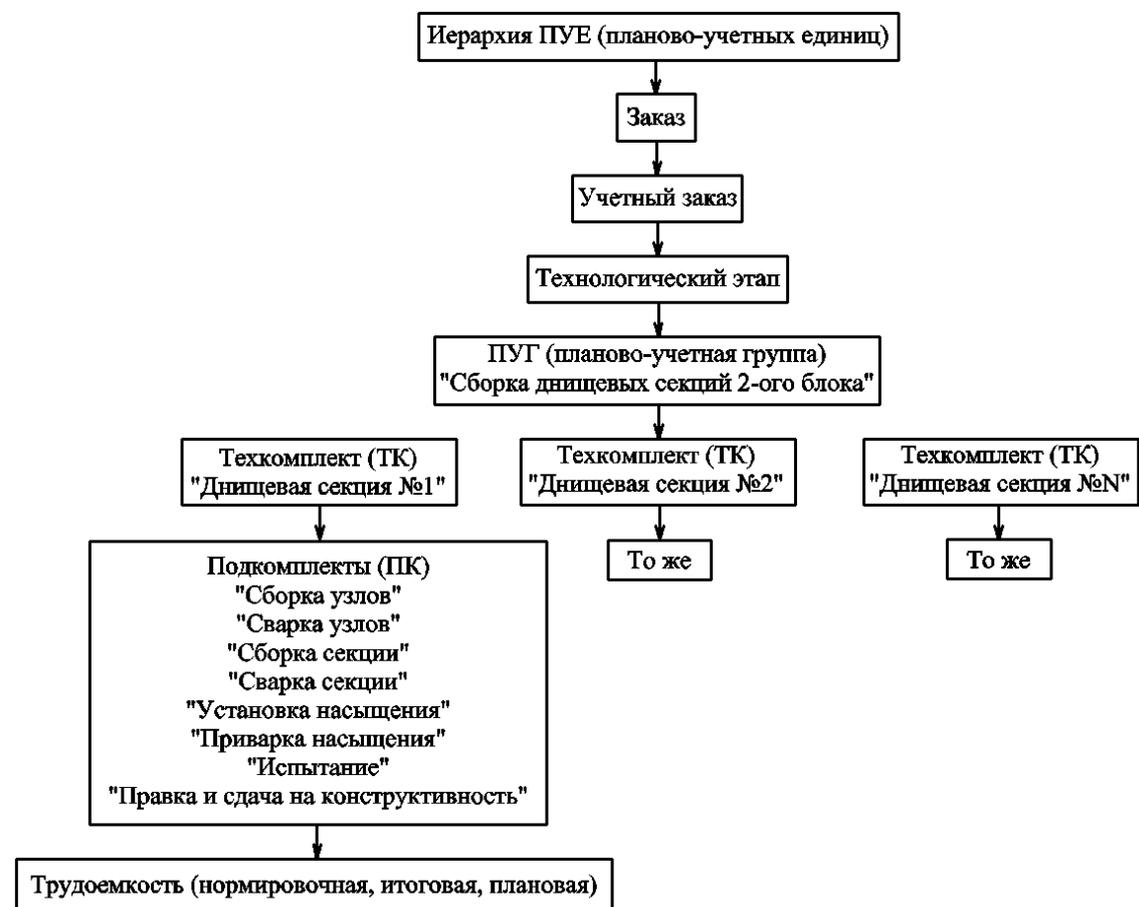


Рисунок 1 – Алгоритм формирования ВТЭ в КИС Global

Возвращаясь к проблеме несоответствия плановой и технологической трудоемкости, хочется отметить тот факт, что плановая трудоемкость может оцениваться различными методами на разные виды производств и нет единой оговоренной методики по ее осуществлению. В теории менеджмента такая планировка называется «правилами приоритетов». Данные «правила» осуществляются при помощи элементарных эвристических приемов, основанных на использовании накопленного практического опыта в решении задач определенного класса [5]. Например, плановая трудоемкость на обработку деталей учитывается при помощи запусков (запуски – это документы, в которых перечисляются все детали корпуса и другие детали, которые требуется изготавливать на участках плазовой и холодной резки, при этом детали группируются по запускам с целью укрупненного планирования очередности изготовления, так как все детали изготовить сразу невозможно). Плановая трудоемкость на работы на стапеле при стыковке блоков высчитывается по суммарной длине стыкуемых кромок. Как правило, плановая трудоемкость на обработку деталей и стапельные работы по статистике будет гораздо более приближена к технологической трудоемкости по сравнению с соответствующими значениями по секционным сборочно-сварочным работам, которые должны учитываться по весовым параметрам секций.

Такой фактор несоответствия обуславливается тем, что первичная планировка трудоемкости на сборку секций в большинстве случаев происходит до поступления основных сборочных чертежей. Технолог-нормировщик в отсутствие чертежей основывается на эскизе разбивке секций, схеме общего расположения, растяжке наружной обшивки и других подобных документах. Соответственно, расчет масс по вышеназванной документации имеет значительную погрешность. На большинстве предприятий пользуются известной формулой (1) по расчету масс, представленной в [6]:

$$G_c = \gamma_c * S_n * \delta_n * k, \quad (1)$$

где G_c – масса секции, т;
 γ_c – удельный вес материала секции, т/см³;
 S_n – площадь поверхности полотнища секции, см²;
 δ_n – средняя толщина секции, см;
 k – коэффициент учета веса набора и других внутренних конструкций секции.

В [6] значения коэффициента k предлагается брать в следующих диапазонах для различных типов секций:

- переборок и настилов – 1,1–1,4;
- бортовых секций – 1,2–1,8;
- днищевых секций – 1,5–2,2;
- объемных высокобортных, содержащих переборки и настилы – 2,0–2,5.

В [6] не указано, по каким соображениям можно взять те или иные коэффициенты, поэтому при расчете масс секций обычно берут их средние значения, что вносит свою погрешность в полученный конечный результат. Также данных для расчета носовых и кормовых объемных секций нет. Можно сделать допущение и принять за них объемные высокобортные секции, содержащие переборки и настилы, но и это вносит значительную погрешность при расчетах.

Для уточнения коэффициентов нами было взято шесть различных судов: три проекта СРТ, два – научно-исследовательского судна и один – судна специального назначения, и проведен сравнительный анализ их секций. Всего было исследовано 845 секций, из них: 63 – днищевые, 622 – секции переборок и настилов, 149 – бортовые, 11 – объемные секции носовой оконечности.

Однако, по статистическим исследованиям, даже при принятии максимальных коэффициентов, формула (1) дает среднюю погрешность в 50%. Поэтому, на основе статистиче-

ского анализа, были предложены новые уточняющие коэффициенты учета веса набора и других внутренних конструкций секции без разброса по минимальным и максимальным их значениям. Уточнение коэффициентов происходило методом последовательных приближений. Общее наименование для секций переборок и настилов было разделено на палубные секции и секции переборок и выгородок. Также, вместо понятия «объемные высокобортные секции, содержащие переборки и настилы» введены коэффициенты для объемных секций носовой оконечности. Объемные секции кормовых оконечностей представлены транцевой кормой или кормовой переборкой, которые учитывались как секции переборок и настилов. Часть расчета представлена в табл. 2.

Таблица 2 – Расчет масс секций по формулам (1) и (2) и сравнение конечных результатов с фактическими значениями

Наименование секции	Габариты секции, м			Фактические массы, т	Массы секций по (1)			Массы секций по (2)	Отклонения от фактической массы секций, %	
	L	B	H		$k_{\text{мин}}$	$k_{\text{ср}}$	$k_{\text{макс}}$		по (1)	по (2)
Объемная секция носовой оконечности	7,2	5,5	9,3	30,90	16,10	18,20	20,30	27,90	41,10	9,71
Днищевая секция	7,7	19,46	1,65	66,10	26,10	31,40	38,10	60,50	51,79	8,43
---	7,8	19,60	2,20	68,20	31,10	37,30	45,60	67,30	44,28	1,35
---	7,2	19,6	3,61	59,20	27,50	33,20	40,30	62,82	43,13	6,12
Бортовая секция	7,5	2,20	6,20	7,90	9,00	10,20	11,00	6,78	27,47	14,15
---	6,1	8,30	9,20	8,90	7,27	7,60	7,90	8,70	14,72	2,25
---	6,3	5,60	6,60	19,98	15,49	15,96	16,24	19,73	20,47	1,26
---	7,9	6,50	9,20	23,12	23,12	19,00	19,42	22,45	15,83	2,89
---	9,1	6,20	4,00	31,14	28,46	28,96	29,12	32,97	7,35	5,89
---	9,1	6,20	9,20	38,70	30,13	30,55	31,23	35,08	20,83	9,35
Секция третьей палубы	7,8	8,67	4,35	5,50	3,20	3,50	3,80	5,02	36,00	8,75
---	7,8	6,84	4,35	4,40	4,31	1,80	2,10	2,40	52,50	2,13
Секция второй палубы	7,6	5,8	0,55	3,60	3,60	2,50	2,80	3,50	22,22	2,78
---	7,6	6,20	0,50	4,10	2,70	3,10	3,50	4,20	24,39	2,44
Секция главной поперечной переборки	8,9	0,18	2,13	1,40	0,70	0,90	1,00	1,35	37,86	3,56
---	9,5	1,65	3,82	5,00	2,50	2,90	3,10	4,60	43,20	8,00
---	9,6	0,18	2,13	1,50	0,70	0,80	0,80	1,46	50,0	2,37
---	7,8	1,22	3,64	4,00	2,30	2,80	3,00	3,75	32,75	6,25

В результате нами была предложена формула (2) и значения коэффициента k_1 для различных типов секций в зависимости от шпации судна:

$$G_c = \gamma_c * S_n * \delta_n * k_1, \quad (2)$$

где значения уточняющих коэффициентов k_1 в зависимости от типа секции и шпации судна показаны в табл. 3 и графически на рис. 2.

Зависимость коэффициентов от шпации судна обуславливается ее влиянием на погрешности расчета массы секций. Согласно [7], фактическая шпация принимается таким образом, чтобы она отличалась от нормальной по формуле (3) не более чем на 25%. Также, шпация не должна быть больше 1 м. В форпике и ахтерпике шпация не должна превышать 0,6 м, а в носовой части (до 0,2L от носового перпендикуляра) – 0,7 м, что особенно важно учитывать при расчете масс объемных секций оконечностей:

$$a_0 = 0,002L * 0,48 \quad (3)$$

В табл. 2 под значениями k_{\min} , $k_{\text{ср}}$ и k_{\max} понимается масса секций по формуле (1), взятая, соответственно, по минимальным, средним и максимальным значениям коэффициента k .

Усредненные значения погрешностей по полному расчету масс секций от их фактических значений показаны в табл. 4 и на рис. 2.

Таблица 3 – зависимость уточняющих коэффициентов от типов секций и шпации

Тип секции				Шпация, м
днищевые	бортовые	палубные	переборки/выгородки	
1,87	2,00	1,30	1,08	0,5
2,25	2,40	1,60	1,30	0,6
2,61	2,90	1,85	1,50	0,7
3,00	3,20	2,10	1,70	0,8

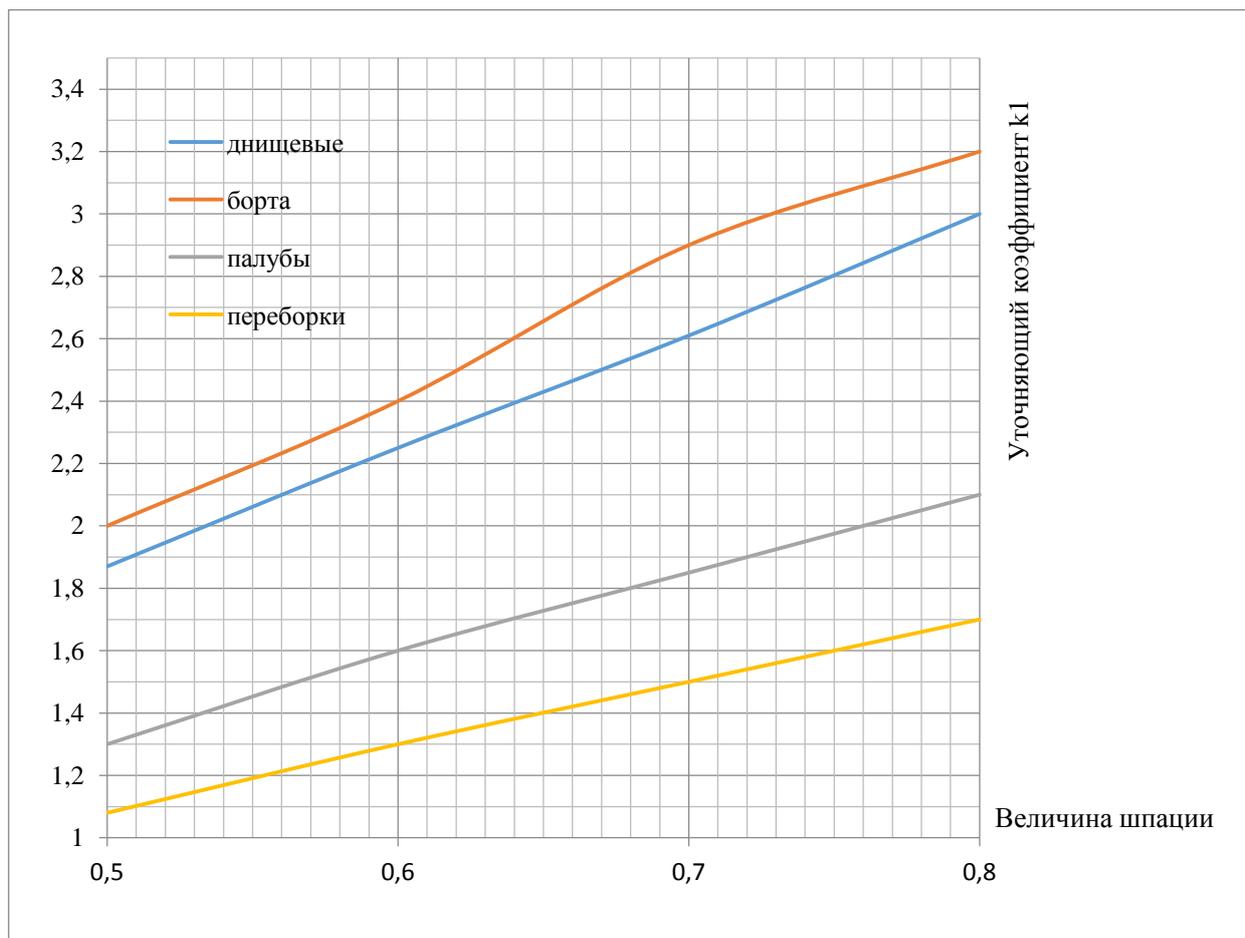


Рисунок 2 – графическая зависимость уточняющих коэффициентов от типов секций и шпации

Таблица 4 – отклонения масс секций в %, полученных по формулам (1) и (2) от их фактических значений

Тип секции	Отклонения от фактических значений масс, %	
	по (1)	по (2)
Носовые объемные	41,50	9,52
Днищевые	46,40	5,30
Бортовые	70,60	8,00
Палубные	44,25	5,40
Переборки/выгородки	40,95	5,10
<i>Средние значения погрешностей</i>	<i>48,74</i>	<i>6,67</i>

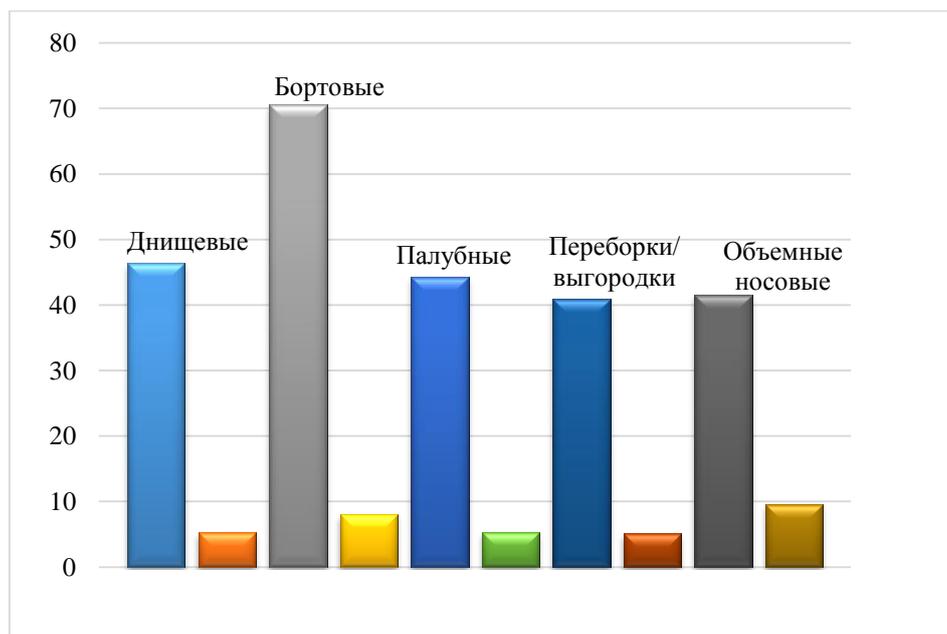


Рисунок 3 – Графический эскиз погрешностей

Из приведенного исследования можно сделать краткие выводы:

1. В идеальных условиях при подготовке производства плановая трудоемкость должна быть наиболее приближена к технологической.
2. Формула (1) не учитывает многие параметры, которые необходимы при расчете масс секций, следовательно, дает значительные погрешности в районе 50 %.
3. Коэффициенты в формуле (1) не позволяют наиболее приближенно просчитать массы секций.
4. Предложенные коэффициенты в формуле (2) позволяют добиться значительного уменьшения погрешностей – в 7 раз (на 86 %).
5. Предлагаемые коэффициенты даются в зависимости от размеров шпации судна, так как она также вносит свои погрешности в измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Письмо Минтранса РФ от 10.04.1996 N НТП-5/82 «О применении РД 31.50.24-96 «Документация судоремонтных предприятий. Технологические документы судостроительного производства. Виды документов, правила разработки, согласования и утверждения в качестве руководящего документа»».
2. Нормативный документ РД 31.50.24-96. Документация судоремонтных предприятий. Технологические документы судостроительного производства. Виды документов, правила разработки, согласования и утверждения в качестве руководящего документа.

3. Фролова, Т.А. Экономика предприятия: конспект лекций / Т.А. Фролова. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009.
4. Система Global Marine: подготовка производства в судостроении, планово учетные единицы ПУЕ, документооборот с проектантом, нормирование труда и материалов, выпуск нарядов // Global Marine. – URL: <http://global-system.ru/index.php?id=466>
5. Определение очередности запуска партий деталей обработки // LearnManage. – URL: <http://www.learnmanage.ru/lmans-75-1.html>
6. Иванов, А. П. Основы проектирования технологии изготовления секций корпусов судов: метод. указ. к курсовому проектированию для студентов высших учебных заведений специальности 180101.65 – Кораблестроение / А. П. Иванов. – Калининград, 2006. – 34 с.
7. Российский Морской Регистр Судоходства.

ON THE SPECIFYING COEFFICIENTS OF THE SECTIONAL ASSEMBLY
WHEN LAYING THE PLANNED LABOR INTENSITY
IN THE PREPARATION OF PRODUCTION

M.K. Melnikov, graduate student,
department of Shipbuilding of Kaliningrad State Technical University,
engineer-constructor in the design office of equipment,
MDTPP of BS «Yantar»
dima13.95@mail.ru

A.V. Dektyarev, graduate student,
department of Shipbuilding of Kaliningrad State Technical University,
engineer-technologists of the hull office,
MDTPP of BS «Yantar»
nwasanches@mail.ru

V. N. Morozov, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
Kaliningrad State Technical University
mvn3613@gmail.com

The work present a substantiation of the necessity of conducting qualitative and systematized processes of preparation of production at shipbuilding enterprises when compiling the planned labor intensity. The hierarchical system of technological documentation is considered and an example of an automated production preparation system is given. A statistical analysis of the sections of various ships has been carried out, and the specifying coefficients for the weight of the set and other internal structures necessary for calculating the weight of sections for a more accurate production planning system have been derived. In addition, according to requirements of the RMRS, graphs of the dependence of the specifying coefficients on the ships space are plotted.

labor intensity, specifying coefficients, weight of sections, technological documentation, planning, pre-production, GlobalStarter, statistical analysis