



ИЗГОТОВЛЕНИЕ СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В «ЧИСТЫЙ РАЗМЕР» С УЧАСТИЕМ СКВОЗНЫХ БРИГАД – ГАРАНТИЯ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ПО- СТРОЙКИ СУДОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГРУППЫ ОСК

М.М. Аннаоразов, магистрант

А.В. Дектярев, магистрант
nwasanches@mail.ru

В.Н. Морозов, канд. техн. наук
mvn3613@gmail.com

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В работе предложены инженерные и организационные инструменты, дающие возможность кооперационного строительства судов крупными интегрированными блоками в «чистый размер» (без припусков) с поставкой блоков для одного изделия от нескольких производителей на головную линию сборки одного из предприятий группы объединённой судостроительной корпорации (ОСК) отрасли. Кроме этого, обоснованы варианты организационных схем кооперативного строительства судов и кораблей по географическому принципу для обществ группы ОСК и выработаны подходы к производству отдельных блоков по кооперации и их увязке при сборке.

деформация, изгиб, «чистый размер», стрелка прогиба, сквозная бригада, причерчивание, лекала постелей

Точность изготовления корпуса судна во многом зависит от погрешностей изготовления отдельных деталей, узлов, секций и блоков. Как правило, секции и блоки собираются разными бригадами, что также вносит погрешности при строительстве судна. Неточности изготовления деталей, узлов, секций и блоков могут быть увеличены последующей их сваркой. Таким образом, проблема точности в судостроении является актуальной, сложной и многоаспектной. Решение данной задачи актуально еще и потому, что оно связано с основными направлениями развития технологии судостроения [1].

Основными параметрами, влияющими на точность изготовления секций и блоков корпуса судна, являются:

1. Точность вырезки деталей.
2. Точность гибочных работ.
3. Наладка, установка и причерчивание лекал и коков постелей для сборки секций.
4. Укладка деталей в соответствии с геометрией секции с учётом упреждений.
5. Контроль при сборке секций, гарантирующий достоверный результат по её геометрии.
6. Учёт и проверка смежных секций по геометрии, совпадение по пазам и стыкам.

На первые два пункта влияет, главным образом, точность применяемого на предприятии оборудования. Сейчас на АО «ПСЗ Янтарь» из-за морального и физического износа оборудования точность вырезки деталей составляет до $\pm 0,8$ мм, гибочных работ – до $\pm 10,0$ мм. Однако в наличии имеется оборудование (как на мировом, так и на российском рынках), способное достичь точности вырезки и гибочных работ до 0,01 мм (см. [2–4]).

Приведенное выше в указанных работах оборудование требует больших экономических затрат, что является не слишком благоприятным фактором для успешного развития

так называемого «бережливого производства». Особенно это стоит учитывать в текущих реалиях – сложной экономической обстановке в стране, нарастании напряжения отношений с европейскими поставщиками, усиление политики импортозамещения и т. д. В этих условиях любому предприятию необходимо соблюдать политику совмещения одновременного повышения качества продукции и снижения материальных затрат на её изготовление.

Перед тем как раскрыть предлагаемое решение, стоит отметить понятие изготовления в «чистый размер». Это значит, что:

- 1) формирование секции производится с минимальным припуском, который будет удален после виртуальной сборки с ответной частью;
- 2) учёт сварочных деформаций при соблюдении одной и той же технологии сборки и сварки секции.

Из этого следует, что при формировании корпуса секция поступает на крупно-узловую сборку без припусков.

Исходя из этого, разработано следующее предложение, которое обеспечит возможность строительства судов крупными интегрированными блоками точно в размер с поставкой блоков для одного изделия (судна) от нескольких производителей на головную линию сборки одного из предприятий. Это позволит наладить кооперационное взаимодействие предприятий группы ОСК, а также будет наименее затратным вариантом. Предложение звучит следующим образом – ввести на всех предприятиях ОСК специальную сквозную бригаду, функции которой представлены на рис. 1.

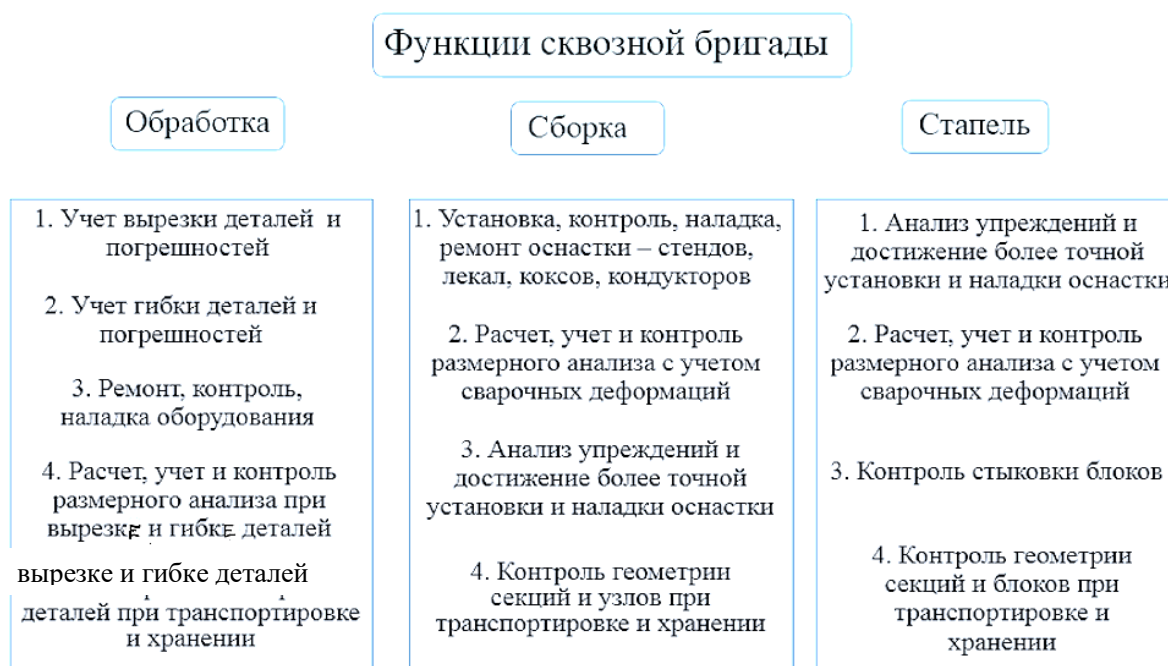


Рисунок 1 – Функции сквозной бригады

Предположительно сквозная бригада будет состоять из: одного начальника отдела; 6–8 инженеров (один по обработке, два по сборке, два по стапелю и два по анализу и расчёту ожидаемых сварочных деформаций и их статистическому учёту по однотипным секциям); 15 рабочих (один бригадир, семь по обработке и сборке, семь по стапелю).

Состав оборудования для работы сквозной бригады: три лазерных трекера; пять тахеометров; три лазерных сканера.

Так, в настоящее время на АО «ПСЗ Янтарь» согласно ОСТам вводится система припусков в +30 и +50 мм соответственно, по длине и ширине секции/блока. Эти значения учитывают сварочные деформации секций, погрешности при изготовлении деталей, сборке и т. д. Однако при существующем оборудовании при достоверном расчёте с учётом фактора

прогнозирования ожидаемых сварочных деформаций эти значения можно существенно уменьшить, тем самым снизить расход металла и трудоёмкость и повысить эффективность производства.

Ниже представлен один из сегментов расчёта ожидаемых сварочных деформаций и системы припусков днищевой секции ($L = 8000$ мм, $B = 9350$ мм, $H = 800$ мм) среднего рыболовного траулера пр. 1332 типа «Баренцево море». Расчёт сварочных деформаций выполнен по методике, предложенной в работе [5], усовершенствованной в работах [6–8], и расчёта припусков согласно рекомендациям, изложенным в работах [9], [10].

Определение общих сварочных деформаций заключалось в суммировании всех значений укорочений секций в продольном и поперечном направлениях по отдельности, полученных на всех этапах сварки:

$$\text{– в продольном направлении } \Delta B = \left\{ \sum_{i=1}^m W_i + \sum_{j=1}^n V_j \right\} \cdot \frac{1}{F_L}, \text{ где } W_i \text{ – объём поперечного}$$

укорочения одного продольного соединения, см^3 ; V_j – объём продольного укорочения одного поперечного соединения, см^3 ; F_L – площадь продольного сечения полотнища на данном этапе; n, m – количество поперечных и продольных швов соответственно;

$$\text{– в поперечном направлении } \Delta L = \left\{ \sum_{j=1}^n W_j + \sum_{i=1}^m V_i \right\} \cdot \frac{1}{F_g}, \text{ где } W_j \text{ – объём поперечного}$$

укорочения одного поперечного сварного соединения, см^3 ; V_i – объём продольного укорочения одного продольного сварного соединения, см^3 ; F_g – площадь поперечного сечения полотнища.

Определение остаточной стрелки прогиба в поперечном и продольном направлениях производилось согласно формулам: $f_B = \frac{\varphi_B \cdot B}{8}$ – для продольного и $f_L = \frac{\varphi_L \cdot L}{8}$ – для поперечного, где L, B – соответственно усредненная длина и ширина секции; φ_L – угол поворота одного конца СКС относительно другого в поперечной плоскости; φ_B – угол поворота одного конца СКС относительно другого в поперечной плоскости.

Результаты расчётов представлены в таблице 1. Расчёт припусков основывается на результатах проведенного расчёта сварочных деформаций представлен в таблице 2 (по длине) и в таблице 3 (по ширине). В таблицах 1, 2 и 3 использованы следующие сокращения: n – количество контролируемых параметров; p – передаточное отношение ($p = 1$, но для сварки $p = -1$, т.к. сварка приводит к укорочению длины полотнища); k – коэффициент относительного рассеивания значения звена ($k = 1$, т.к. значения звеньев распределены по нормальному закону); a – коэффициент относительной асимметрии поля рассеивания значений звена ($a = 0$, т.к. закон распределения нормальный); δ – полуширина поля рассеивания значений звена, мм; Δ – координата середины поля рассеивания значения звена, мм; t_n – нижняя граница практически предельного поля рассеивания вероятных отклонений контролируемого параметра, мм; t_v – верхняя граница практически предельного поля рассеивания вероятных отклонений контролируемого параметра, мм.

В результате расчёта установлено, что для данной секции в условиях применяемого оборудования с учётом упреждений сварочных деформаций припуски в 10 и 20 мм по длине и ширине – наиболее оптимальный вариант.

Похожая методика [6–8] ранее (1985–1990 гг.) использовалась на заводе «Балтия» в г. Клайпеде и позволила производить изготовление секций корпусов судов типа БМРТ в «чистый размер». Стоит отметить, что подобная методика изготовления секций возможна только при:

– учёте сварочных деформаций при одной и той же технологии сборки и сварки;

– поступление секции на крупно-узловую сборку при изготовлении корпуса без припуска.

Таблица 1 – Общие сварочные деформации и остаточные стрелки прогиба секции

Наименование секции, шп. 46–60	Укорочение в продольном направлении, см	Укорочение в поперечном направлении, см	Стрелка прогиба в продольном направлении, см	Стрелка прогиба в поперечном направлении, см
Днищевая	1,40	2,03	1,2	3,8

Таблица 2 – Расчёт припуска днищевой секции по длине

№	Параметры	n	k	α	P	δ	Δ	t_H	t_B
1	Погрешность вырезки листов	2	1	0	1	0,5	0	-1	1
2	Погрешность сборки полотнища	2	1	0	1	2,0	0	-2,0	2,0
3	Погрешность разметки мест установки балок набора, образующих монтажную шпацию	2	1	0	1	2,0	0	-2,0	2,0
4	Погрешность установки балок набора, образующих монтажную шпацию	2	1	0	1	2,0	0	-2,0	2,0
5	Сварочные укорочения	1	1	0	-1	14,0	7,0	-7,0	21,5
6	Замыкающее звено: погрешность секции по длине					14,6	-7,0	-21,6	7,6
Параметры замыкающего звена									
$K_{\Sigma} = 1 + \frac{0,55}{\sum 1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 2 - 1 \cdot 15} \cdot (0) = 1$									
Полуширина поля рассеивания, мм		$\delta_{\Sigma} = \frac{1}{1} \sqrt{\sum_{i=1}^n 2 \cdot (0,5)^2 + 2 \cdot (2)^2 + 2 \cdot (2)^2 + 1 \cdot (14,0)^2} = 14,6$							
Координаты середины поля рассеивания, мм		$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n 1 \cdot (-1) \cdot 7,0 = -7,0$							
Нижняя граница поля рассеивания, мм		$t_{H_{\Sigma}} = \Delta_{\Sigma} - \delta_{\Sigma} = -7,0 - 14,6 = -21,6$							
Верхняя граница поля рассеивания, мм		$t_{B_{\Sigma}} = \Delta_{\Sigma} + \delta_{\Sigma} = -7,0 + 14,6 = 7,6$							
Допуск, мм		± 10							
Припуск, мм		$\Pi = t_{H_{\Sigma}} - D = -21,6 - 10 = 11,6$							
Вывод: принимаем припуск $\Pi=10$ мм									

Таблица 3 – Расчёт припуска днищевой секции по ширине

№	Параметры	n	k	α	P	δ	Δ	t_H	t_B
1	Погрешность вырезки листов	2	1	0	1	0,5	0	-1	1
2	Погрешность установки листов на оснастку	2	1	0	1	2,0	0	-2,0	2,0
3	Сварочные укорочения	1	1	0	-1	20,3	10,2	-10,2	30,6
4	Замыкающее звено					20,7	-10,2	-30,9	10,5
Параметры замыкающего звена									
Полуширина поля рассеивания, мм		$\delta_{\Sigma} = \frac{1}{1} \sqrt{\sum_{i=1}^n 2 \cdot (0,5)^2 + 2 \cdot (2)^2 + (20,5)^2} = 20,7$							
Координаты середины поля рассеивания, мм		$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n 1 \cdot (-1) \cdot 10,2 = -10,2$							
Нижняя граница поля рассеивания, мм		$t_{H_{\Sigma}} = \Delta_{\Sigma} - \delta_{\Sigma} = -10,2 - 20,7 = -30,9$							

Верхняя граница поля рассеивания, мм	$t_{B_{\Sigma}} = \Delta_{\Sigma} + \delta_{\Sigma} = -10,2 + 20,7 = 10,5$
Допуск, мм	± 10
Припуск, мм	$\Pi = t_{H_{\Sigma}} - D = -30,6 - 10 = 20,6$
Вывод: принимаем припуск $\Pi = 20$ мм	

Что касается вопросов географической увязки обществ группы ОСК при их кооперационном взаимодействии, тут сначала нужно взглянуть на их расположение (рис. 2).

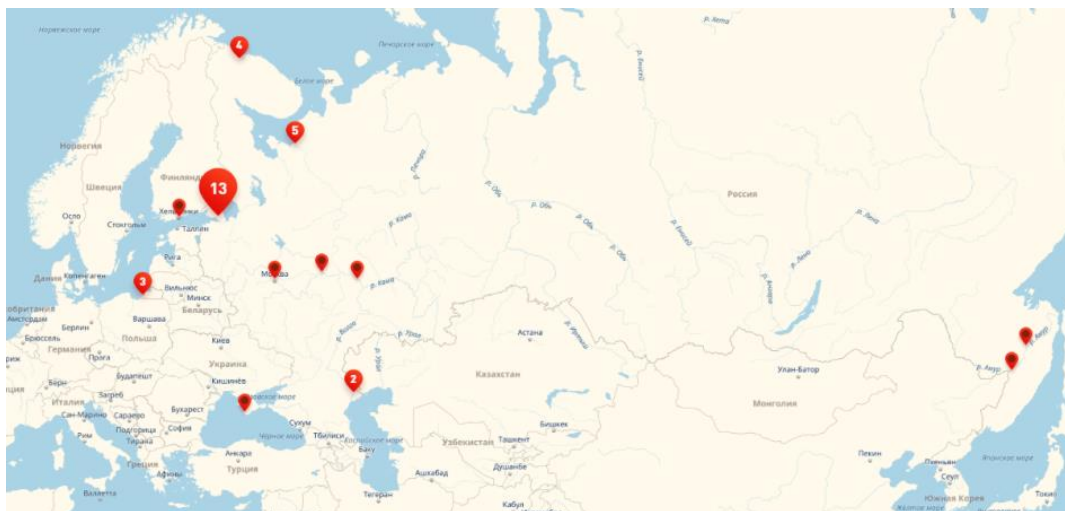


Рисунок 2 – География расположения обществ группы ОСК

Из анализа географического расположения обществ группы ОСК и их кооперации можно сделать следующие выводы:

- на Дальнем Востоке находятся АО «Хабаровский судостроительный завод» (г. Хабаровск) и ПАО «Амурский судостроительный завод» (г. Комсомольск-на-Амуре);
- в средней полосе России находятся АО «СКТБЭ» (г. Москва), ПАО Завод «Красное Сормово» (г. Нижний Новгород), АО «Зеленодольское ПКБ» (г. Зеленодольск);
- на юге находятся АО «Севастопольский морской завод» (г. Севастополь), КНРГ (г. Астрахань), АО Судостроительный завод «Лотос» (г. Нариманов, Астраханской обл.);
- на Северо-Западе России в относительной близости друг от друга и в зоне досягаемости с позиции транспортировки отдельных блоков находятся «35 СРЗ», ОАО «База технического обслуживания флота» (г. Мурманск), СРЗ «Нерпа» (г. Снежногорск Мурманской обл.), АО «10 СРЗ» (г. Полярный Мурманской обл.), АО НИПТБ «Омега», АО СПО «Арктика», АО ПО «Севмаш», АО КБ «Рубин-север», АО ЦС «Звездочка» (г. Северодвинск), АО ПСЗ «Янтарь» (г. Калининград), АО «33 СРЗ» (г. Балтийск Калининградской обл.), ПАО «Выборгский судостроительный завод» (г. Выборг), АО «СНСЗ», ПАО «Пролетарский завод», АО СПМБМ «Малахит», АО ЦМКБ «Алмаз», ПАО СЗ «Северная верфь», АО «Северное ПКБ», АО ЦКБ МТ «Рубин», АО «Адмиралтейские верфи», ПАО «Невское ПКБ», АО «Кронштадтский морской завод», ООО «Балтийский завод-судостроение», АО ЦКБ «ОСК-Айсберг» (г. Санкт-Петербург);
- за пределами России, в Финляндии находится «Арктэк Хельсинки Шипъярд» (г. Хельсинки).

Организационная схема кооперативного строительства судов и кораблей по географическому принципу между указанными предприятиями состоит в следующем: выбрать головное предприятие, где будет изготавливаться судно в «чистый размер» с внедрением на них сквозных бригад → выбрать предприятия-изготовители блоков и других различных конструкций (с подобным внедрением) → выбрать конструкторские бюро, которые будут обеспечивать расчётное обоснование и прогнозирование сварочных деформаций и припусков.

Выбор головного предприятия должен вестись с учётом местоположения его возможных партнеров-поставщиков блоков судна и возможности наиболее экономичной их транспортировки. Тут наиболее лучшими вариантами, на наш взгляд, являются предприятия условной группы «Северо-Запад» (выделены красной линией на рис. 3). Тут большинство предприятий находятся в Санкт-Петербурге, следовательно, этот город наиболее значимый с точки зрения выбора головного предприятия. Также немаловажен тот факт, что блоки, изготовленные на предприятиях этой условной группы, можно будет доставлять морскими путями (см. рис. 4). Остальные предприятия (выделены синей линией на рис. 3) расположены на довольно значительном расстоянии от предполагаемой группы головных, им предстоит самим выполнять расчётную функцию – прогнозировать сварочные деформации и обосновывать схемы припусков.

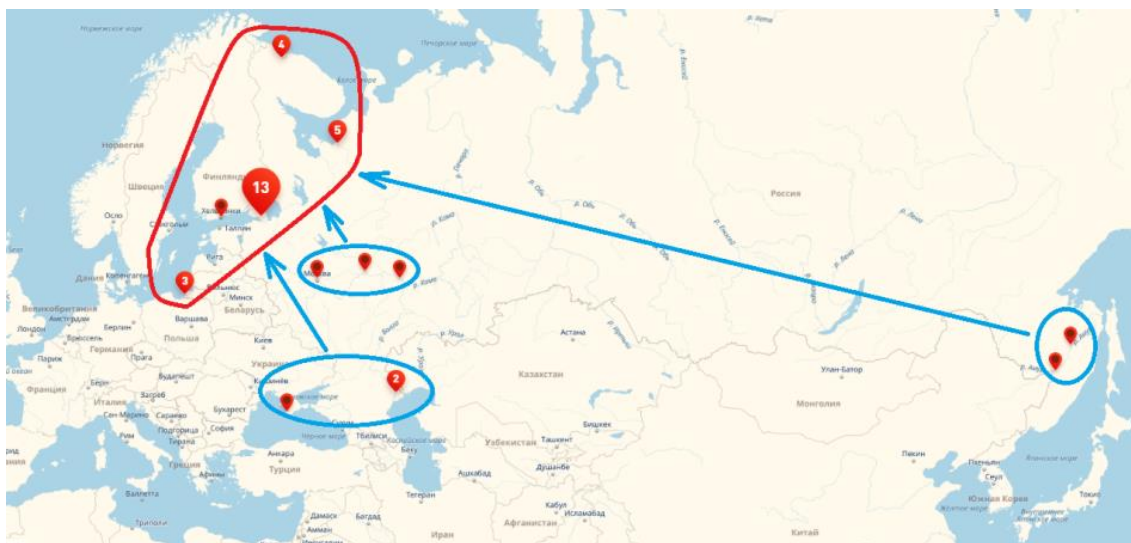


Рисунок 3 – Схема кооперационного строительства Поставка на головную линию сборки расчётных данных по сварочным деформациям и припускам



Рисунок 4 – Схема кооперационного строительства. Схема транспортировки блоков для предприятий возможной головной линии сборки

Основные выводы:

1. Постройка судов крупными интегрированными блоками в «чистый размер» возможна при введении на предприятиях сквозной бригады с отдельно возложенными на неё функциями.

2. Увязка блоков при их сборке с кооперационным взаимодействием между предприятиями ОСК возможна только при изготовлении секций в «чистый размер».

3. Варианты организационных схем кооперативного строительства судов и кораблей по географическому принципу для обществ группы ОСК предусматривают выбор головного предприятия из условной группы «Северо-Запад», где будет осуществляться строительство судна. Строительство блоков будет вестись предприятиями этой же условной группы. Расчёт сварочных деформаций и припусков будут осуществлять наиболее отдаленные предприятия и конструкторские бюро.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нгуен, Ч.А. Точность сборки корпусных конструкций судна и её обеспечение за счёт применения оптико-электронных приборов / Ч.А. Нгуен // Астраханский государственный технический университет. – 2016. – 158 с.

2. Гидроабразивные станки // Galika [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://galika.ru/categories/gidroabrazivnyj-stanok/> (дата обращения: 3.09.2017).

3. Лазерный станок для резки металла Vanad Fiber Laser Kompakt // Vanadrus [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vanadrus.ru/Vanad-Fiber-Laser-Kompakt> (дата обращения: 7.09.2017).

4. Станок плазменной резки с ЧПУ Gammatec // Koike [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://koike-ussia.ru/catalog/stanki_plazmennoj_rezki/stanki_plazmennoj_rezki/gammatec/ (дата обращения: 1.09.2017).

5. Кузьминов, С.А. Сварочные деформации судовых корпусных конструкций / С.А. Кузьминов. Судостроение, 1974. – 286 с.

6. Морозов В.Н. К вопросу повышения точности изготовления судовых корпусных конструкций / В.Н. Морозов, О.И. Соколова. Вестник Российской академии естественных наук: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2012. – Вып. 6. – С. 77–86.

7. Морозов, В.Н. К вопросу выбора схемы изготовления днищевых секций корпусов судов / В.Н. Морозов, В.В. Цветков // Вестник Российской академии естественных наук: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2013. – Вып. 7. – С. 80–85.

8. Морозов, В.Н. От совершенства прогнозирования остаточных сварочных деформаций судовых корпусных конструкций к повышению качества при их изготовлении / В.Н. Морозов, К.И. Сморгы // Вестник Российской академии естественных наук: сб. науч. тр. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2015. – Вып. 9. – С. 43–51.

9. Телянер, Б.Е. Технология ремонта корпуса судна / Б.Е. Телянер, Г.П. Турмов, Г.Н. Финкель. – Ленинград: Судостроение, 1984. – 288 с.

10. Адлерштейн, Л.Ц. Точность изготовления и монтажа корпусных конструкций судов / Л.Ц. Адлерштейн. – Ленинград: Судостроение, 1978. – 168 с.

MANUFACTURE OF SHIP HULL STRUCTURES IN «CLEAN SIZE» WITH THE PARTICIPATION OF THROUGH BRIGADES IS A GUARANTEE OF HIGH QUALITY OF CONSTRUCTION OF SHIPS FOR THE ENTERPRICES OF THE USC GROUP

M.M. Annaorazov, master

A.V. Dektyarev, master

nwasanches@mail.ru

V.N. Morozov, Candidate of technical sciences, Assistant Professor

mvn3613@gmail.com
Kaliningrad State Technical University

The work suggests engineering and organizational tools that enable cooperative construction of ships with large integrated blocks of “clean size” (without allowances), with the supply of blocks for one product from several manufacturers to the assembly line of one of the enterprises of the group of the United Shipbuilding Corporation. In addition, variants of organizational schemes of cooperative construction of ships and ships on a geographical basis for companies of the USC group are justified, and approaches to the production of separate blocks for cooperation and their linkage during assembly have been developed.

deformation, bending, 'clean size', deflection needle, through brigade, pinching, bed patterns