

Зарамагская ГЭС-1.  
Финишная прямая

стр. 18

МЛСП «Приразломная».  
Первая в мире

стр. 44

День атомного ледокольного флота.  
Балтийский завод

стр. 54

стр. 36

**Иван МАКАРОВ,**  
генеральный директор  
АО «Сахатранснефтегаз»

«Главной задачей АО «Сахатранснефтегаз» является надежная эксплуатация газотранспортной системы Якутии»

**Редакционный отдел**

Главный редактор Н. Г. КОЛЬЦОВА  
 Выпускающий редактор Анна ШАТИЛОВА  
 Журналисты: Лилия НАГАЕВА,  
 Наталья ИГНАТУЩЕНКО  
 Корректор Светлана МЕЛЬНИКОВА  
 Макет, верстка, инфографика  
 Ирина ШЕЛКОВАЯ  
 Макет Сергей ШЕВЧЕНКО

**Рекламный отдел**

Руководитель Елена ТАГИЛОВА  
 Специалисты по рекламным проектам:  
 Светлана ОРКИНА, Александра ЧЕРКАШИНА,  
 Елена РУКАВИШНИКОВА, Елена КИРПЕНКО,  
 Светлана БОГДАШИНА, Александра РОМИЦЫНА

Журнал зарегистрирован  
 Управлением Федеральной службы по надзору  
 в сфере связи, информационных технологий  
 и массовых коммуникаций по УрФО  
 24 ноября 2017 г. ПИ №ТУ66-01698

Учредитель ООО «ГРУППА КОМПАНИЙ  
 «ПАРАД СОБЫТИЙ»

Издатель ООО «ТСР»

Адрес учредителя: 620049 г. Екатеринбург,  
 ул. Софьи Ковалевской, д. 3, оф. 310

Адрес редакции: 620075 г. Екатеринбург,  
 ул. Карла Либкнехта, д. 22, оф. 516  
 Телефон/факс (343) 227-77-19 (многоканальный)  
 E-mail: tsr@real-media.ru  
 www.tsr-media.ru

Дата выхода в свет 5 декабря 2018 года

Отпечатано в ОАО «ИПП «Уральский рабочий»  
 620990 Екатеринбург, ул. Тургенева, 13  
 Тел. (343) 355-30-43  
 Заказ № 1177 Тираж 5000 экз.

Перепечатка материалов возможна только  
 по письменному согласованию с редакцией.  
 Ссылка при цитировании обязательна.  
 В издании использованы иллюстрации,  
 полученные от представленных  
 в журнале предприятий и физических лиц.  
 За содержание рекламных публикаций  
 ответственность несут рекламодатели.  
 Рекламуемые в издании товары подлежат  
 обязательной сертификации.

Цена договорная.

Знаками **T** и **C** отмечены  
 редакционные материалы.  
 Статьи, отмеченные знаком **R**,  
 публикуются на правах рекламы.

**12+****ЛИЦА, информация о которых содержится в журнале**

- АЛЕХИН** Леонид, АО «ТАНЕКО» 50  
**АРТЮХОВ** Дмитрий, врио губернатора ЯНАО 29  
**АФОНСКИЙ** Владимир, Правительство РФ 6  
**БАГАУТДИНОВ** Альберт, ООО «СНЭМА-СЕРВИС» 45  
**БЕЛОЗЕРОВ** О. В., ОАО «РЖД» 63  
**БЕССОНОВ** Александр, ООО ГСИ Волгоградская фирма «Нефтезаводмонтаж» 10  
**БОРИСОВ** Ю. И., Правительство РФ 35  
**ВАЛЕЕВ** Дамир, ООО «Газпром бурение» 53  
**ВЕРКАУТЕРЕН** Изабель, Arhea.Bio 16  
**ГАВРИЛОВ** Петр, ФГУП «ГХК» 32  
**ГОЛУБЕВ** Валерий, ПАО «Газпром» 42  
**ДОКАЗОВ** Андрей, ООО ГСИ Волгоградская фирма «Нефтезаводмонтаж» 10  
**ДОМИНА** Евгения, ООО «ХимПроект» 16  
**ДУГАЕВА** Татьяна, ООО «НИАП» 9  
**ДЮМИН** Алексей, правительство Тульской области 6, 8  
**ЕВТУХОВ** Виктор, Правительство РФ 6  
**ЖДАНОВА** Наталья, правительство Забайкальского края 64  
**ЖУК** Михаил, Нововоронежская АЭС 30  
**КАДИЛОВ** Алексей, АО «Балтийский завод» 54  
**КАЗИКАЕВ** Валерий, ООО «Байкальская горная компания» 64  
**КОВАЛЁВ** Сергей, Воронежский механический завод — филиал «ГКНПЦ им. М. В. Хруничева» 59  
**КОВАЛЕНКО** Александр, ООО «ТехИнновации» 12  
**ЛАГУТИН** Константин, Группа НЛМК 63  
**МАКАРОВ** Иван, АО «Сахатранснефтегаз» 36  
**МАННХАЙМ** Томас, Группа ЕвроХим 16  
**МАТВИЕНКО** Валентина, Правительство РФ 54  
**МИЛЛЕР** Алексей, ПАО «Газпром» 42  
**МИХЕЛЬСОН** Леонид, ПАО «НОВАТЭК» 43  
**МООР** Александр, правительство Тюменской области 29  
**ПИЛЮС** Наталья, Правительство РФ 6  
**ПУТИН** Владимир, Президент РФ 4, 44, 50  
**РАСНИЦЫН** Виталий, премия «Приоритет» 35  
**РАХМАНОВ** Алексей, АО «Объединенная судостроительная корпорация» 55  
**РЯБОВ** Юрий, ООО «Байкальская горная компания» 64  
**САВЧУК** Сергей, генеральный директор АО «Тюменьэнерго» 29  
**САЛАХОВ** Ильшат, АО «ТАНЕКО» 50  
**СОКОЛ** Борис, ООО ОХК «Щекиноазот» 6  
**СОМИН** Евгений, АО «УКСХ» 14  
**ТАРАСЕНКО** Андрей, правительство Приморского края 34  
**ТИГИЕВА** Залина, ООО «Севосгеология» 23  
**ХРАМЦОВ** Анатолий, Южно-Уральская железная дорога 67  
**ЧЕБЛАКОВ** В. А., ООО «ВНТЦ «Уралжелдоравтоматизация» 67  
**ШАКИРОВ** Рифат, ООО «РивалКом» 51  
**ШАМИН** Владимир, НПО «ЭЛСИБ» ПАО 24  
**ШАРИПОВ** Шамиль, ООО «Газпром трансгаз Уфа» 42  
**ШЕСТАКОВ** Александр, ЮУрГУ 68  
**ШЕСТАКОВ** Михаил, ООО «ГазСпасСервис» 38  
**ШМАЛЬ** Г. И., Союз нефтегазопромышленников России 35  
**ШНЕЕРСОН** Яков, ООО «НИЦ «Гидрометаллургия» 65  
**ШУЛЬГИНОВ** Николай, ПАО «РусГидро» 34  
**ЩЕГОЛЕВ** Игорь, Правительство РФ 6  
**ЗРДОГАН** Реджеп Тайип, Президент Турецкой Республики 4

# Основные положения по технологии стыкования, сборки и сварки суперблоков кессона МЛСП «Приразломная» на плаву

## Введение

Кессон морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная» представляет собой сварной понтон, разделенный продольными и поперечными коффердамами на 16 герметичных отсеков. Кессон имеет габариты 126 x 126 x 25 метров. Его общий вид представлен на рис. 1.

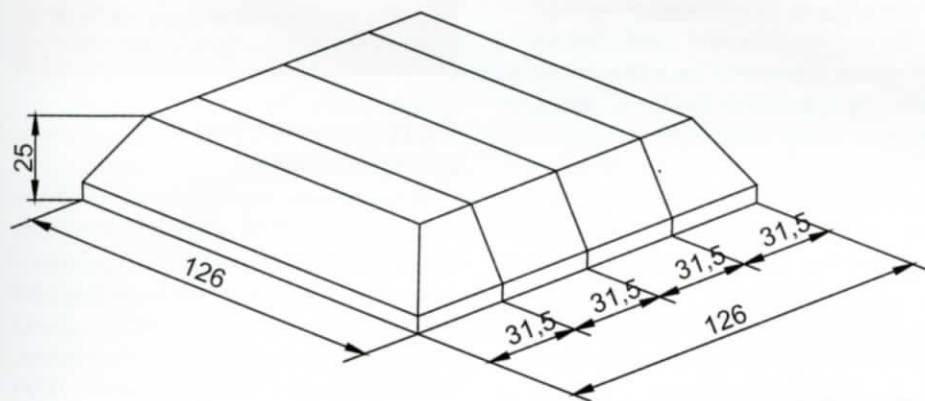


Рис. 1. МЛСП «Приразломная»

Сварная конструкция таких размеров является уникальной даже для судостроения, и ее формирование на стапеле в производственных условиях АО «ПО «Севмаш» не было возможно. В связи с этим было принято решение осуществить сборку кессона из четырех суперблоков на плаву. Каждый суперблок имеет габариты 126 x 31,5 x 25 метров (рис. 1) и собирается из блоков и секций в цеховых условиях.

Суперблоки кессона имеют замкнутые отсеки, разделенные коффердамами, двойное дно высотой три метра и двойные борта шириной четыре метра. Толщины элементов конструкции составляют от 20 до 40 мм. Все это в совокупности приводит к тому, что суперблоки имеют повышенную жесткость, которая в сочетании с их значительными габаритами осложняет обеспечение требуемой точности и пригонку при сборке суперблоков. В результате, несмотря на то, что в отрасли есть опыт стыкования судов на плаву, в полной

мере использовать его не представлялось возможным.

Перед АО «ЦТСС» была поставлена задача разработать научно обоснованную технологию стыкования суперблоков кессона МЛСП «Приразломная» на плаву. После предварительного анализа конструкции кессона были сформулированы четыре подзадачи, решение

которых необходимо для выбора оптимальной технологии стыкования суперблоков:

- оценка собираемости суперблоков между собой;
- выбор оптимальной последовательности выполнения сборки и сварки монтажных соединений суперблоков;
- оценка величины ожидаемых сварочных деформаций кессона;
- разработка методики контроля взаимного положения суперблоков при их стыковании.

## Оценка собираемости суперблоков

Для оценки собираемости суперблоков между собой были проведены работы по замерам геометрической формы конструкций, поступающих на изготовление блоков. С этой целью в АО «ПО «Севмаш» была проведена оценка точности нанесения линий разметки, измерение отклонений набора от линий разметки и отклонений размеров

секций и блоков. На основании полученных результатов были построены гистограммы распределения отклонений, показанные на рис. 2.

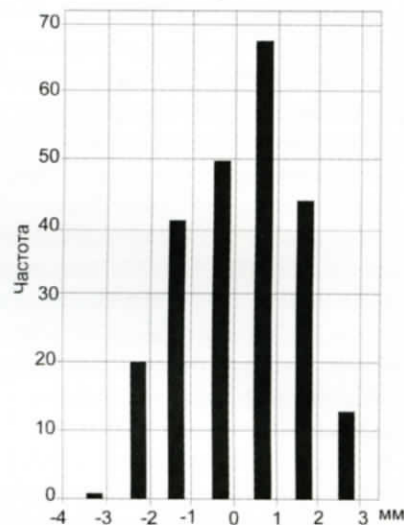


Рис. 2. Погрешности, возникающие при разметке и установке набора

Итоговая гистограмма отклонений размеров между продольным и поперечным набором показана на рис. 3.

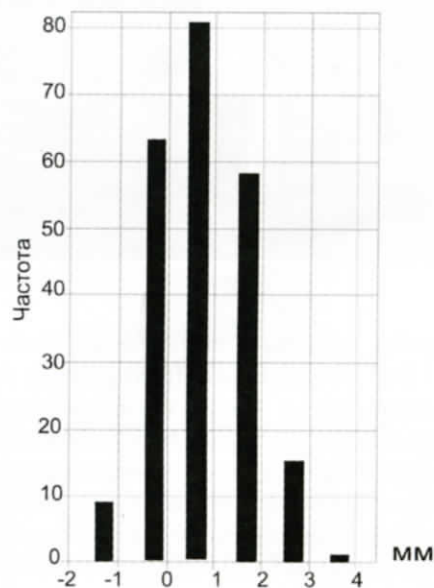


Рис. 3. Итоговая гистограмма отклонений размеров между продольным и поперечным набором

Анализ результатов замеров показал, что суперблоки получают отклонение от проектных размеров по длине на величину более 30 мм и изгиб корпуса со стрелкой прогиба, достигающей 35 мм. Эти величины превосходят допустимые, а следовательно, стыкование суперблоков между собой возможно только с применением забойных элементов. Было принято решение ввести забои по обшивке и набору как по торцевым кромкам, так и по днищу. Палубу было решено принять за базу и от забоя по ней отказаться.

Ширина забойного узла была выбрана, исходя из условия обеспечения плавности обводов и снижения концентрации напряжений, и принята равной 500 мм по бортам и 1 000 мм — по днищу.

### Выбор оптимальной технологии сварки монтажных стыков

После принятия решения об использовании забойных узлов возник вопрос по технологии их сварки. Для решения этого вопроса было выполнено расчетное обоснование оптимальной схемы установки и сварки забойных элементов. С использованием теории сварки и метода конечных элементов определено напряженно-деформированное состояние забойных узлов. При этом было рассмотрено два варианта сварки забойного узла:

- сварка россыпью;
- сварка в виде готового модуля.

Конечно-элементная модель типового узла вместе с прилегающими конструкциями приведена на рис. 4.

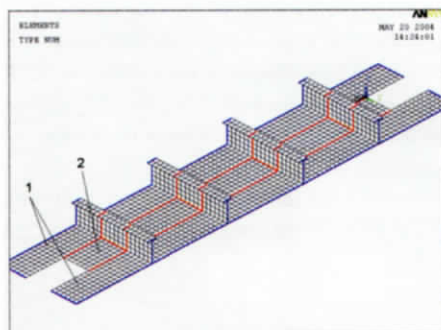


Рис. 4. Конечно-элементная модель забойного элемента с прилегающими конструкциями

Полученные в забойном узле напряжения (для обоих вариантов сварки) приведены в табл. 1. Из полученных данных видно, что сварка забойного элемента

Элемент забойного узла	Остаточное напряжение, МПа		Отличие, %
	1 схема	2 схема	
Обшивка	171	153	11
Стенка	683	185	73
Поясок	389	378	3

Табл. 1. Остаточные напряжения в забойном узле при разных схемах его сварки

россыпью позволяет снизить остаточные напряжения на величину до 70%.

Стоит отметить, что преимуществом этого способа сварки забойных узлов является также более простая подгонка, так как при сварке россыпью отдельные элементы забоя подгоняются независимо друг от друга. За счет наклона листов забойного узла возможно устранение разностенности кромок листов суперблоков, а за счет смещения набора забоя — устранение разностенности по концам набора суперблоков.

### Определение общих деформаций кессона

После определения оптимальной последовательной сварки забойных узлов требовалось определить общие

деформации кессона, возникающие в результате сварки монтажных стыков между суперблоками. Для решения этой задачи также использован метод конечных элементов. На первом этапе была сформирована конечно-элементная модель кессона, показанная на рис. 5. Далее в модель были введены силы, эквивалентные определенным ранее остаточным напряжениям в забойном узле.

При расчете деформаций, возникающих в результате сварки монтажного стыка суперблоков, была принята следующая последовательность выполнения работ:

- сварка палубного монтажного стыка;
- сварка бортового забойного узла выше ватерлинии;
- сварка забойных узлов продольных коффердамов выше ватерлинии;
- сварка конструкций, находящихся ниже ватерлинии.

Расчет показал, что в результате выполнения сварочных работ происходит поперечное укорочение в районе монтажного стыка и разворот суперблоков относительно друг друга. При этом происходит подъем средней части кессона. Максимальный разворот суперблоков возникает в результате сварки конструкций, находящихся ниже ватерлинии. Это связано с тем,

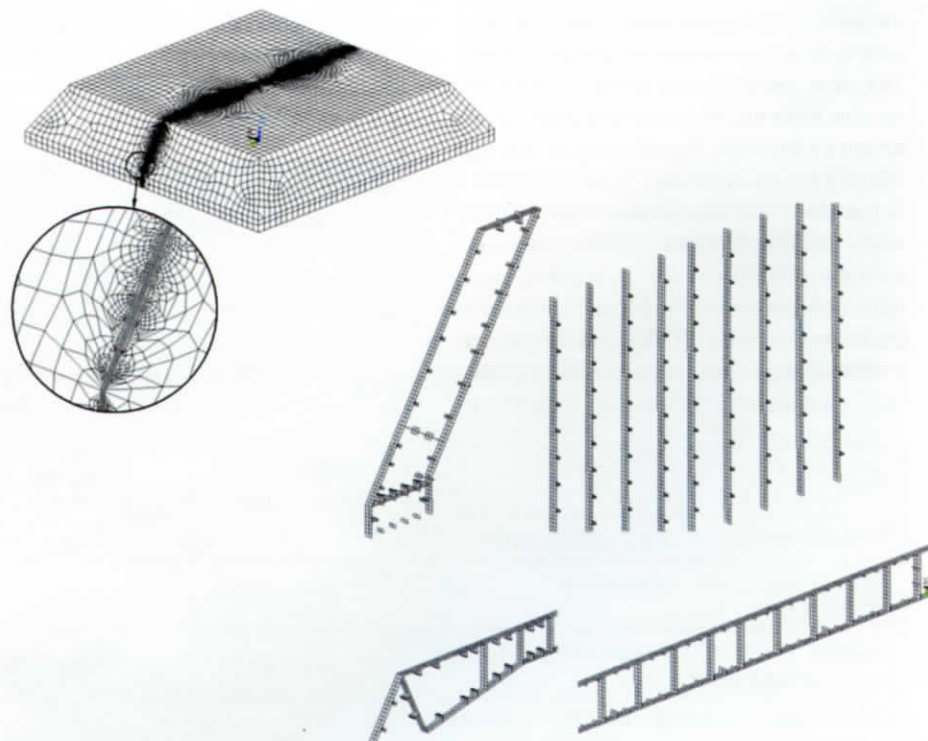


Рис. 5. Конечно-элементная модель суперблоков кессона МЛСП «Приразломная» и забойных узлов

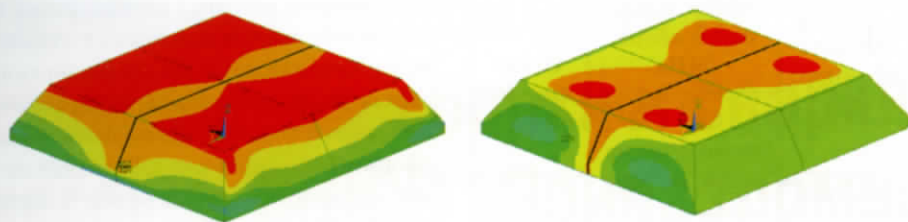


Рис. 6. Распределение перемещений, возникающих в результате сварки забойных узлов, находящихся ниже ватерлинии

что они наиболее удалены от нейтральной оси монтажного сечения кессона. Перемещения точек кессона, возникающие в результате сварки забойных узлов, находящихся ниже ватерлинии, показаны на рис. 6.

Сварка бортового забойного узла и забойных узлов продольных коффердамов практически не влияет на разворот суперблоков, так как указанные узлы расположены по обе стороны от нейтральной оси монтажного сечения кессона и возникающие в них в результате выполнения сварки объемы укорочения самоуравновешиваются.

Результаты расчета общих деформаций кессона на каждом технологическом этапе и суммарные приведены в табл. 2.

Для обеспечения собираемости суперблоков и компенсации общих деформаций кессона требуется добиться оптимального взаимного расположения суперблоков при их стыковании. Так, для уменьшения разностенности по обшивке необходимо получить совпадения средних линий кромок листов обшивки стыкуемых суперблоков. А для компенсации общих деформаций кессона суперблоки следует стыковать с упреждающим углом поворота, равным по величине и обратным по знаку расчетному (табл. 2). Все это приводит к необходимости создать методику контроля взаимного положения супербло-

ков. Такая методика была разработана и успешно применена. Разработанная методика позволяет определять как форму, так и взаимное расположение суперблоков с применением простейших средств: теодолитов, мишеней и линейек. Схема обмеров приведена на рис. 7.

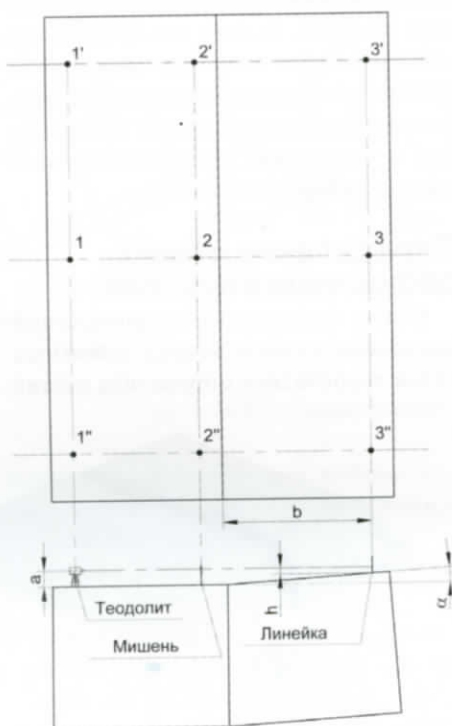


Рис. 7. Схема измерения угла между двумя суперблоками

Величина угла между суперблоками определялась по формуле:

$$\alpha = \arctg \left( \frac{a-h}{b} \right), \quad (1)$$

где  $\alpha$  — искомый угол, рад;

$h$  — высота, полученная

по линейке, мм;

$a$  — высота теодолита и мишени, мм;

$b$  — расстояние от края блока до линейки, мм.

Для обеспечения требуемого в соответствии с (1) угла  $\alpha$  следует добиться такого взаимного расположения суперблоков, при котором высота  $h$ , получаемая по стойке с визирной линейкой, принимает следующее значение:

$$h = a - b \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Таким образом, полученные результаты дали возможность наметить комплекс мероприятий по обеспечению формирования кессона МЛСП «Приразломная» с минимальными сварочными деформациями:

- обосновать необходимость использования забойных узлов с определением их размеров;
- выбрать оптимальную последовательность сварки забойных узлов;
- дать рекомендации по компенсации общих деформаций кессона;
- разработать методику определения взаимного расположения суперблоков.

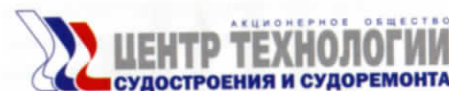
Кроме того, были даны рекомендации по выбору герметизирующих устройств, необходимых для сварки конструкций кессона, находящихся ниже ватерлинии.

Все это позволило разработать и успешно реализовать технологический процесс стыкования суперблоков кессона МЛСП «Приразломная» на плаву.

Михаил Николаевич ЗЕЛЕНИН,  
Надежда Петровна КУЛАКОВА

Этап	Поперечное укорочение	Поворот, угл. мин.
Сварка палубного монтажного стыка	3,0	0,26
Сварка бортового забоя выше ватерлинии	2,8	0,20
Сварка забоев продольных коффердамов выше ватерлинии	2,4	0,27
Сварка конструкций ниже ватерлинии	2,1	0,61
Сумма	10,3	1,32

Табл. 2. Результаты расчета общих деформаций кессона



АО «ЦТСС»

198095 Санкт-Петербург, ул. Промышленная, 7

Тел. (812) 786-19-10, факс 786-04-59

E-mail: inbox@sstc.spb.ru, www.sstc.spb.ru