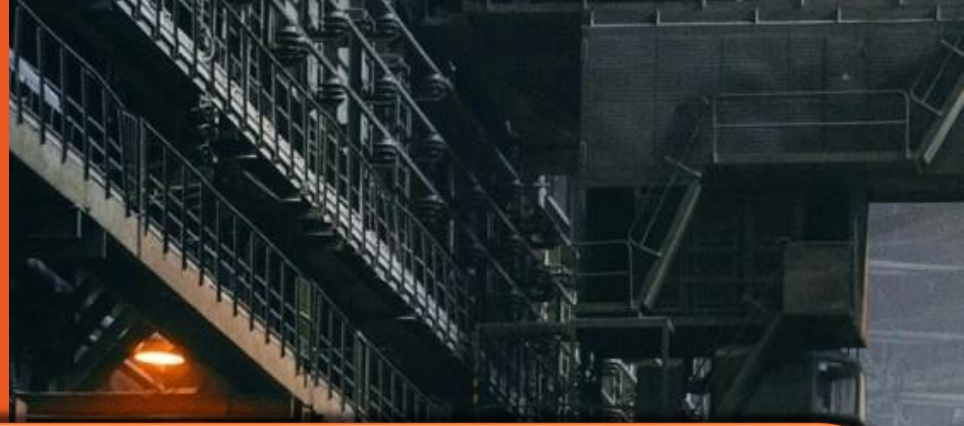
ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНЖИНИРИНГ



Оценка применимости электросварных труб производства АО «ВМЗ» для формирования механических соединений типа «Конус-Раструб» при строительстве трубопроводов с ВАКП



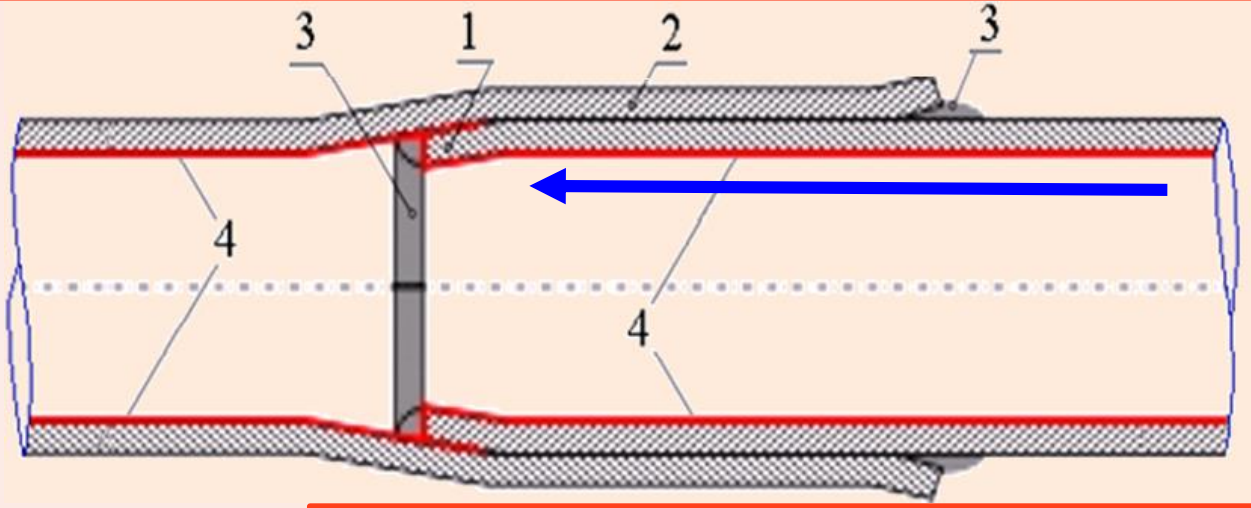
Докладчик:
Начальник отдела исследований металлопродукции
ООО «ИТ-Сервис»
Кощеев Кирилл Игоревич

Технология механических соединений труб «Конус-Раструб»

Соединение «Конус–Раструб» представляет собой способ механического соединения труб путем запрессовки одной трубы в другую.

Трубы, применяемые для изготовления данных соединений, могут поставляться с предварительно деформированными концами или могут деформироваться в процессе сборки трубопровода. Один из концов трубы раздается, а второй – обжимается.

Для дополнительной герметичности перед сборкой на внутреннюю поверхность раструба и наружную поверхность конуса наносят двухкомпонентный герметик (эпоксидную мастику).



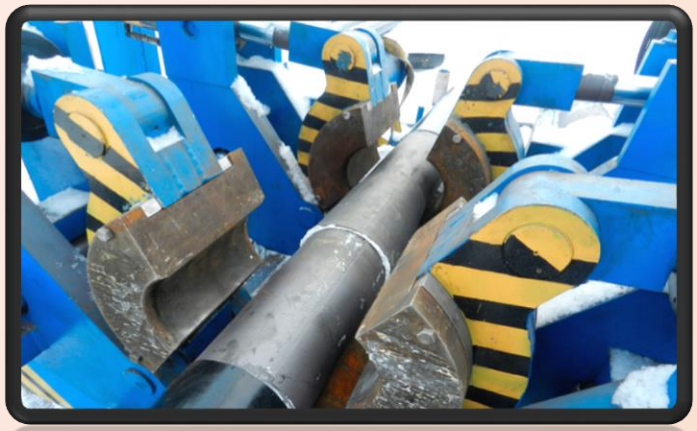
Направление движения потока

1 – Конус; 2 – Раструб; 3 – Герметик; 4 – ВАКП.

Основные преимущества технологии соединений труб «Конус-Раструб»

1) Полное отсутствие сварочных работ и как следствие:
   1.1) Возможность строительства в любых погодных условиях;
   1.2) Отсутствие необходимости в неразрушающем контроле;
   1.3) Повышенная безопасность строительства и отсутствие необходимости в допуске к огневым работам и т.д.;
2) Высокая скорость строительства трубопроводов (1,5 – 3,5 км за 8 ч.);
3) Применение меньшего количества персонала при прокладке трубопроводов;
4) Высокая эксплуатационная надежность стыка;
5) Полное отсутствие участков металла незащищенных ВАКП.





Этапы работы

1) Проведение математического моделирования условий деформации концов труб и условий проведения стендовых испытаний с определением наиболее оптимальных значений;

2) Изготовление механических стыков «конус-раструб» в соответствии с инструкцией на технологию;

3) Проведение стендовых испытаний стыков (внутреннее давление, одноосное растяжение, трехточечный изгиб) в соответствии с рассчитанными при моделировании значениями с подтверждением конструкционной стойкости механических стыков «конус-раструб»;

4) Проведение лабораторных испытаний стыков с определением влияния деформации при изготовлении концов и нагрузок при проведении стендовых испытаний на материал исходных труб.

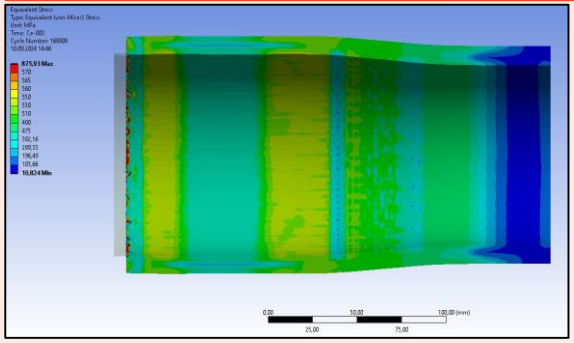
Объекты исследований

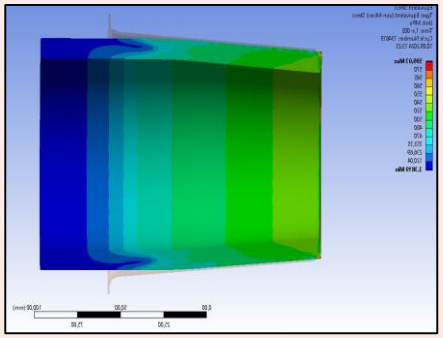
Для изготовления механических стыков типа «конус-раструб» применялись следующие электросварные трубы производства АО «ВМЗ»:

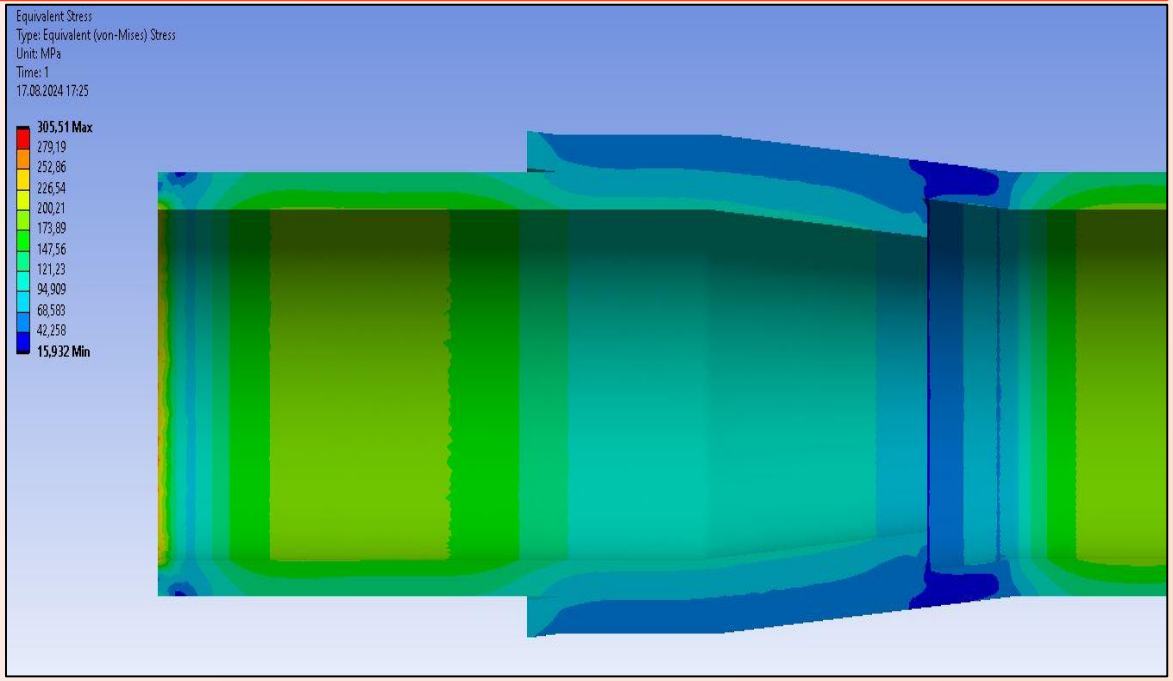
Сортамент	Класс прочности	Марка стали
114х5	К50	20
219х8	К52	09Г2С
325х8	К52	09Г2С
426х8	К52	-

Математический расчет напряжений в металле при деформации концов и при воздействии приложенных нагрузок

Для определения уровня напряжений, создаваемых в металле трубы при деформации концов, а также при приложении растягивающих и изгибающих усилий, было произведено математическое моделирование данных условий. Расчёты проводились методом конечных элементов в системе ANSYS.







Результаты математического расчета

По результатам проведенного математического моделирования установлено:

1) При раздаче и обжиме концов заявленной конфигурации образования дефектов трубы в виде трещин, разрывов и смятий произойти не должно.

2) Определены предельные значения испытательных нагрузок, при которых будет возможно провести стендовые испытания без опасности разрушения стыков.

Типоразмер	Испытание		
	Растяжение	Изгиб	Внутреннее давление
	кН (тс)	Момент, кН•м (Усилие, тс)	МПа
114х5(К50)	263 (27)	4 (0,544)	21
219х8(К52)	880 (90)	5 (0,68)	21
325х8(К52)	1029,3 (105)	1,7 (0,23)	14
426х8(К52)	1452 (148)	4 (0,544)	14

Гидравлические испытания стыков

№ п/п	Сортамент	№ стыка	Испытательное давление, МПа	Время выдержки, мин.	Результат
1	114х5 (К50)	1	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
2		2	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
3		3	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
4		4	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
5		5	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
6		6	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
7		7	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
8		8	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
9	219х8 (К52)	1	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
10		2	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
11		3	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
12		4	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
13		5	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
14		6	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
15		7	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
16		8	21	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
17	325х8 (К52)	1	14	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
18		2	14	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
19		3	14	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
20		4	14	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
21		5	14	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
22		6	14	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
23		7	14	10	Отсутствие повреждений металла и следов протекания в месте стыка
24		8	14	10	Отсутствие повреждений металла, **при давлении 12 МПа обнаружена протечка по стыку**

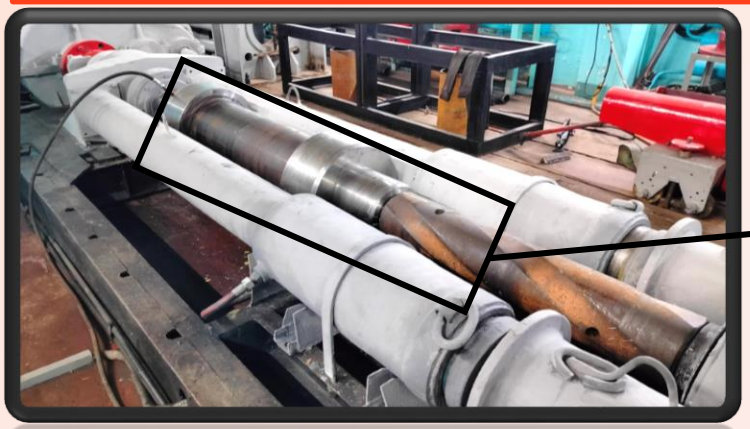
Образцы стыков перед испытаниями



Характерный вид собранных механических стыков «конус-раструб»

Стендовые испытания стыков на одноосное растяжение

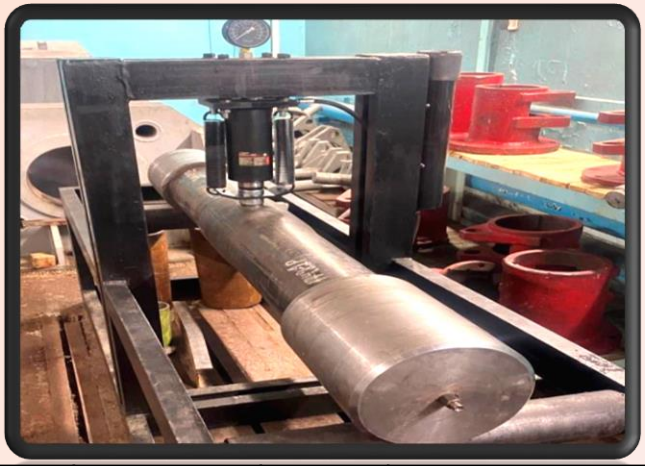
После изготовления и опрессовки стыки были направлены на проведение стендовых испытаний. Для герметичной и прочной установки механических стыков на стенды были изготовлены специальные оправки (заглушки) с внутренней резьбой трапецеидального профиля ОТТМ по ГОСТ 632 – 80, а на прямолинейные концы образцов нарезалась соответствующая наружная резьба.

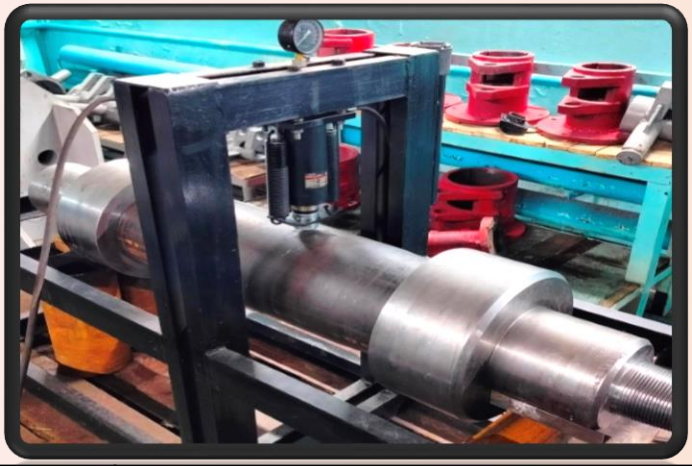




Этап №	Сортамент	№ стыка	Растягивающая нагрузка, тс	Внутреннее давление, МПа	Результат
1	114х5 (К50)	5	27	0	Целостность соединения не нарушена
2			0	21	Образец герметичен
1	219х8 (К52)	5	90	0	Целостность соединения не нарушена
2			0	21	Образец герметичен
1	325х8 (К52)	4	105	0	Целостность соединения не нарушена
2			0	14	Образец герметичен
1	426х8 (К52)	4	148	0	Целостность соединения не нарушена
2			0	14	Образец герметичен

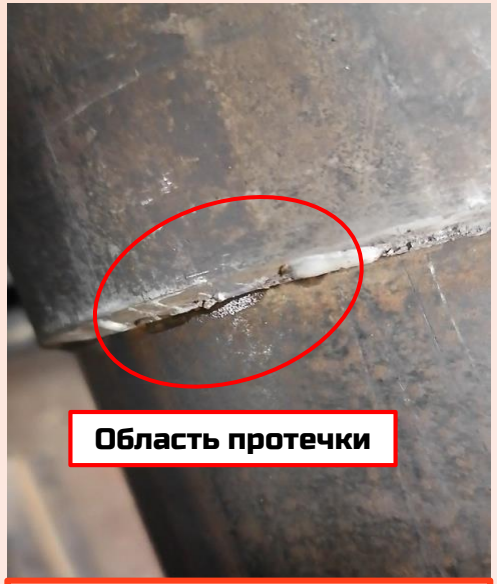
Стендовые испытания стыков на трехточечный изгиб





Этап №	Сортамент	№ стыка	Изгибающая нагрузка, тс	Внутреннее давление, МПа	Результат
1	114х5 (К50)	4	0,544	0	Целостность соединения не нарушена
2			5	0	Целостность соединения не нарушена
3			0	21	Зафиксирована разгерметизация образца
1	219х8 (К52)	6	0,68	0	Целостность соединения не нарушена
2			5	0	Целостность соединения не нарушена
3			0	21	Образец герметичен
1	325х8 (К52)	3	0,23	0	Целостность соединения не нарушена
2			5	0	Целостность соединения не нарушена
3			0	14	Образец герметичен
1	426х8 (К52)	5	0,544	0	Целостность соединения не нарушена
2			5	0	Целостность соединения не нарушена
3			0	14	Образец герметичен

Исследование причины протечки после стендовых испытаний







Образование протечки произошло по причине наличия дефекта в виде задира, который образовался при запрессовке конусной части трубы в раструбную без их предварительной очистки.

При сборке трубопроводов стоит обращать внимание на чистоту стыкуемых концов труб и **не допускать наличия загрязнений** (песок, грязь, снег и т.д.).

Механические свойства металла труб после деформации и стендовых испытаний

Для определения степени изменения свойств основного металла труб, а также определения наличия микротрещин и других структурных дефектов, которые могли возникнуть в процессе деформации концов труб и при проведении стендовых испытаний, из основного металла и из продольного заводского сварного шва ТВЧ исходных труб, а также концов труб после деформации и стендовых испытаний, были изготовлены и испытаны образцы для проведения испытаний на одноосное растяжение, ударный изгиб и твердость, а также вырезаны микрошлифы для металлографических исследований.

Сортамент	Изменение механических свойств металла исходных труб, %								Наличие металлографических дефектов	
	Твердость		Предел прочности		Предел текучести		Ударная вязкость			
	Деф.	Стенд.*	Деф.	Стенд.*	Деф.	Стенд.*	Деф.	Стенд.*	Деф.	Стенд.
114х5(К50)	+3,5	+4,0	+7,5	+12,5	+28,0	+13,5	-11,5	-8,0	Отс.	Отс.
219х8(К52)	+2,5	+1,5	+5,0	+8,5	+13,0	+10,5	-11,5	~0	Отс.	Отс.
325х8(К52)	+1,0	~0	+1,0	+7,0	+5,0	+9,5	~0	~0	Отс.	Отс.
426х8 (К52)	+2,0	+1,5	+2,0	+13,0	+9,0	+12,5	-10,0	-4,0	Отс.	Отс.

* Относительно механических свойств деформированного конца трубы.

По результатам проведенных испытаний установлено, что предел прочности и текучести материала основного металла и сварного шва труб после деформации соответствует требования ГОСТ 20295.
В основном металле и сварном шве микродефекты (надрывы, трещины и т.д.) не обнаружены.

Результаты испытаний механических стыков «конус-раструб»

Сортамент	№ стыка	Опрессовка давлением, МПа	Усилие при стенд. исп. на растяжение, тс	Усилие при стенд. исп. на изгиб, тс	Соотв. требованиям ГОСТ 20295-85 ($\sigma_в$, $\sigma_{0,2}$) на одноосное растяжение	Соотв. требованиям ГОСТ 20295-85 на ударный изгиб	Отсутствуют дефекты в микроструктуре металла после деформации и стенд. исп.	Возможность применения
114х5 (К50)	1	21	-	-	Да	Да	Да	Технология изготовления стыков обеспечивает надлежащую эксплуатационную надежность трубопровода
	2	21	-	-	Да	Да	Да	
	3	21	-	-	Да	Да	Да	
	4	21	-	0,544/5*	Да	Да	Да	
	5	21	27	-	Да	Да	Да	
	6	21	-	-	-	-	-	
	7	21	-	-	-	-	-	
	8	21	-	-	-	-	-	
219х8 (К52)	1	21	-	-	Да	Да	Да	
	2	21	-	-	Да	Да	Да	
	3	21	-	-	Да	Да	Да	
	4	21	-	-	-	-	-	
	5	21	90	-	Да	Да	Да	
	6	21	-	0,68/5	Да	Да	Да	
	7	21	-	-	-	-	-	
	8	21	-	-	-	-	-	
325х8 (К52)	1	14	-	-	-	-	-	
	2	14	-	-	-	-	-	
	3	14	-	0,23/5	Да	Да	Да	
	4	14	105	-	Да	Да	Да	
	5	14	-	-	Да	Да	Да	
	6	14	-	-	Да	Да	Да	
	7	14	-	-	Да	Да	Да	
	8	12**	-	-	-	-	-	
426х8 (К52)	1	14	-	-	Да	Да	Да	
	2	14	-	-	Да	Да	Да	
	3	14	-	-	Да	Да	Да	
	4	14	-	-	-	-	-	
	5	14	148	-	Да	Да	Да	
	6	14	-	0,544/5	Да	Да	Да	

*потеря герметичности механического стыка вызвана наличием дефектов изготовления в виде задиров по всей длине раструбной и конусной части трубы.
**изготовление негерметичного стыка связано с недостаточным качеством изготовления вследствие отсутствия актуального опыта у предприятия-изготовителя соединений.

Выводы

На основании проведенных исследований подтверждено, что электросварные трубы сортамента и уровня механических свойств:

1) **114х5 (К50, К52);**
2) **219х8 (К50, К52);**
3) **325х8 (К52);**
4) **426х8 (К52).**

подходят для изготовления механических соединений типа «конус-раструб» и обеспечивают высокую эксплуатационную надежность данных соединений.

Диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм			Класс прочности испытанных труб
	Минимальная (из инструкции)	Максимальная (из инструкции)	Фактическая испытанная в ООО «ИТ-Сервис»	
57	2	4,5	-	-
76	2	5,5	-	-
89	2	7	-	-
102	2	8	-	-
114	2	8	5	К50, К52*
159	3	10	-	-
168	3	10	-	-
219	3	11	8	К50*, К52
273	3	11	-	-
325	3	12	8	К52
426	3	14	8	К52

*** Результаты по данным группам прочности были получены в рамках иной работы в 2020 году.**

ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

КОЩЕЕВ
Кирилл Игоревич

+ 7 (903) 300-75-16
koscheevki@its-samara.com

