



1896



1900

# ЦНИИПСК

им. МЕЛЬНИКОВА

(Основан в 1880 г.)



1971



1990



УТВЕРЖДАЮ

Директор

ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»

В.М. Горицкий

2019 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 70-967

по результатам испытания металлопроката (шпунт, замки) китайского производства с определением основных физико-механических характеристик и определение возможности и условий использования указанной продукции на территории РФ


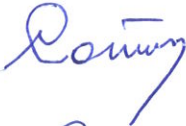





Договор №70-804 от 27 февраля 2019 г.

Руководитель Испытательного Центра  
«ЦНИИПСК-ТЕСТ», к.т.н.

Г.Р. Шнейдеров

Москва, 2019 г.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

- |                                                                                            |                |                                                                                      |                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Руководитель<br>испытательного центра<br>«ЦНИИПСК-ТЕСТ», к.т.н.,<br>руководитель работы | Шнейдеров Г.Р. |    | Введение<br>Раздел 1 - 5<br>Выводы |
| 2. Заведующий лабораторией<br>ЛИСК ОЭМ, к.т.н.                                             | Сотсков Н.И.   |    | Разделы 2, 3, 4                    |
| 3. Ведущий научный<br>сотрудник, к.т.н.,<br>ответственный исполнитель                      | Гусева И.А.    |    | Введение<br>Разделы 1 - 5          |
| 4. Научный сотрудник                                                                       | Дурнева А.А.   |    | Раздел 1                           |
| 5. Ведущий инженер                                                                         | Селезнева О.Н. |    | Раздел 2,3                         |
| 6. Старший научный<br>сотрудник                                                            | Кулёмин А.М.   |   | Раздел 5                           |
| 7. Инженер                                                                                 | Сотсков В.Н.   |  | Раздел 4                           |

## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
<b>1 Определение химического состава и расчет углеродного эквивалента металла шпунтов</b>	9
1.1 Определение химического состава и расчет углеродного эквивалента шпунта ZZ46-700	9
1.2 Определение химического состава и расчет углеродного эквивалента шпунтов: SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700, ZZ50-700	10
1.3 Определение химического состава и расчет углеродного эквивалента шпунтов SPU-VL, SPU-IIIIVV, ZU18, SWP-12,5	12
<b>2 Определение механических характеристик при статическом растяжении</b>	15
2.1 Определение механических характеристик при статическом растяжении шпунта ZZ46-700	15
2.2 Определение механических характеристик при статическом растяжении шпунтов SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700	16
2.3 Определение механических характеристик при статическом растяжении шпунтов SPU-VL, SPU-IIIIVV, ZU18, SWP-12,5	19
<b>3 Результаты испытания замков шпунтов на прочность</b>	22
3.1 Испытание на прочность замка шпунта ZZ46-700	22
3.2 Результаты испытания на прочность замков шпунтов SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700	23
3.3 Результаты испытания на прочность замков шпунтов SPU-VL, SPU-IIIIVV, ZU18, SWP-12,5	27
<b>4 Результаты испытания на статический изгиб</b>	32
4.1 Результаты испытания на статический изгиб шпунта ZZ46-700	32
4.2 Результаты испытания на статический изгиб шпунтов SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700	33
4.3 Результаты испытания на статический изгиб шпунтов SPU-VL, SPU-IIIIVV, ZU18, SWP-12,5	34
<b>5 Результаты испытаний на ударный изгиб</b>	36
5.1 Результаты испытаний на ударный изгиб шпунта ZZ46-700 из стали S430GP	37
5.2 Результаты испытаний на ударный изгиб шпунтов SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700, ZZ50-700	40
5.3 Результаты испытаний на ударный изгиб шпунтов SPU-VL, SPU-IIIIVV, ZU18, SWP-12,5	46
<b>ВЫВОДЫ</b>	52

**ВВЕДЕНИЕ**

В соответствии с договором №70-804 от 27 февраля 2019 г. с ООО «ЗиЗху Рус» в Испытательном центре «ЦНИИПСК-ТЕСТ» (свидетельство об аккредитации № ИЛ/ЛРИ 00899 действительно до 06 октября 2021 г.) проведены исследования физико-механических характеристик шпунтов импортного производства и определение возможности и условий использования их на территории РФ.

Для оценки возможности применения всей линейки шпунтовых профилей производства Anshan Zizhu на территории РФ (таблицы 1.2-1.5), для проведения испытаний были выбраны образцы различных типов и типоразмеров, изготовленных из сталей разных марок.

Заказчиком представлены фрагменты шпунтов, изготовленные в соответствии с требованиями европейского стандарта BS EN 10248-1:1995 и японского стандарта JIS A5528.

Перечень исследованных шпунтов приведен в таблице 1.1. Основные параметры профилей представлены на рисунках 1 – 3 и в таблицах 1.2-1.4.

Таблица 1.1 - Перечень исследованных шпунтов

№ п/п	Тип профиля	Толщина полки, мм	Марка стали,	Стандарт	Услов. № фрагмента
1	2	3	4	5	6
1	<b>ZZ46-700</b>	20,1	<b>S430GP</b>	<b>EN 10248-1:1995</b>	№1.1
2	<b>SPU IV</b>	15,5	<b>S355GP</b>		№2.1
3	<b>SPU IVVV</b>	18,0	<b>S355GP</b>		№2.2
4	<b>ZU25-750</b>	14,5	<b>S390GP</b>		№2.3
5	<b>ZZ26-700</b>	12,3	<b>S355GP</b>		№2.4
6	<b>ZZ50-700</b>	23,1	<b>S430GP</b>		№2.5
7	<b>SPU-VL</b>	24,3	<b>SY 295</b>	<b>JIS A5528</b>	№3.1-1
					№3.1-2

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

*Продолжение таблицы 1*

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
8	<b>SPU-III VV</b>	13,4	<b>SY 390</b>	<b>JIS A5528</b>	№3.2-3
					№3.2-4
9	<b>ZU18</b>	11,2	<b>S355GP</b>	<b>EN 10248-1:1995</b>	№3.3-5
10	<b>SWP-12,5</b>	12,5	<b>S355GP</b>		№3.4-6

В соответствии с техническим заданием к договору №70-804 от 27 февраля 2019 г. проведены следующие виды испытаний:

- определение химического состава стали и ее углеродного эквивалента;
- определение прочностных характеристик профилей при статическом растяжении (предел прочности, предел текучести, относительное сужение, относительное удлинение);
- испытание на статический изгиб;
- испытание замков на прочность;
- испытание на динамический изгиб на образцах с U – образным и с V-образным надрезом;
- анализ соответствия механических характеристик шпунтов китайского производства требованиям НД РФ и определение возможности и условий использования указанной продукции на территории РФ.

Результаты испытаний приведены в разделах 1 - 5.

Рисунок 1 - Конструкции зетовых профилей ZZ46-700, ZZ26-700, ZZ50-700

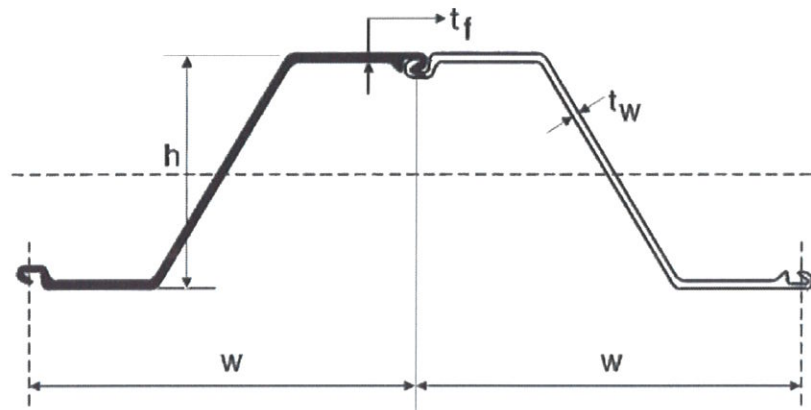


Таблица 1.2 – Основные технические характеристики шпунтовых профилей зетового типа производства Anshan Zizhu

Профиль	РАЗМЕРЫ				СВАЯ	СТЕНКА				
	Ширина (w), мм	Высота (H), мм	Толщина (t <sub>f</sub> ), мм	Толщина (t <sub>w</sub> ), мм		Вес одиночной сваи, кг/м	Площадь поперечного сечения (A), см <sup>2</sup> /м	Вес, кг/м <sup>2</sup>	Момент инерции (I <sub>y</sub> ), см <sup>4</sup> /м	Упругий момент сопротивления (S <sub>x</sub> ), см <sup>3</sup> /м
ZZ12-770	770	343,5	8,6	8,5	72,8	120,42	94,5	21496	1252	1488
ZZ13-770	770	344	9,1	9,0	76,2	126,10	99,0	22433	1304	1551
ZZ14-770	770	344,5	9,6	9,5	79,6	131,75	103,4	23370	1357	1613
ZZ17-700	700	420	8,5	8,4	73,3	133,39	104,7	36425	1735	2032
ZZ18-700	700	420,5	9,1	9,0	76,7	139,67	109,6	38001	1807	2132
ZZ19-700	700	421	9,6	9,5	80,2	145,96	114,6	39578	1880	2210
ZZ20-700	700	421,5	10,1	10,0	83,7	152,24	119,5	41155	1953	2304
ZZ24-700	700	459,2	11,3	11,2	95,8	174,37	136,9	55949	2437	2875
<b>ZZ26-700</b>	<b>700</b>	<b>460,2</b>	<b>12,3</b>	<b>12,2</b>	<b>103,0</b>	<b>187,40</b>	<b>147,1</b>	<b>59843</b>	<b>2601</b>	<b>3071</b>
ZZ28-700	700	461,2	13,3	13,2	110,1	200,43	157,3	63740	2764	3278
ZZ36-700	700	499,2	15,1	11,2	118,7	216,10	169,6	89753	3596	4151
ZZ38-700	700	500,2	16,1	12,2	126,5	230,23	180,7	94984	3798	4363
ZZ40-700	700	501,2	17,1	13,2	134,3	244,37	191,8	100219	3999	4610
ZZ42-700	700	499,2	18,1	14,0	143,0	260,17	204,2	105543	4228	4882
ZZ44-770	700	500,2	19,1	15,0	150,7	274,31	215,3	110942	4436	5096
<b>ZZ46-700</b>	<b>700</b>	<b>501,2</b>	<b>20,1</b>	<b>16,0</b>	<b>158,5</b>	<b>288,47</b>	<b>225,6</b>	<b>116159</b>	<b>4635</b>	<b>5343</b>
ZZ48-700	700	503,2	22,1	15,0	159,3	289,99	227,6	120467	4788	5528
<b>ZZ50-700</b>	<b>700</b>	<b>504,2</b>	<b>23,1</b>	<b>16,0</b>	<b>166,7</b>	<b>303,44</b>	<b>238,2</b>	<b>125358</b>	<b>4973</b>	<b>5713</b>
ZZ52-700	700	505,2	24,1	17,0	174,3	317,24	249,0	130403	5162	5951

Рисунок 2 - Конструкции корытных профилей SPU IV,

## SPU IVVV, ZU25-750, SPU-VL, SPU-IIIVV, ZU-18

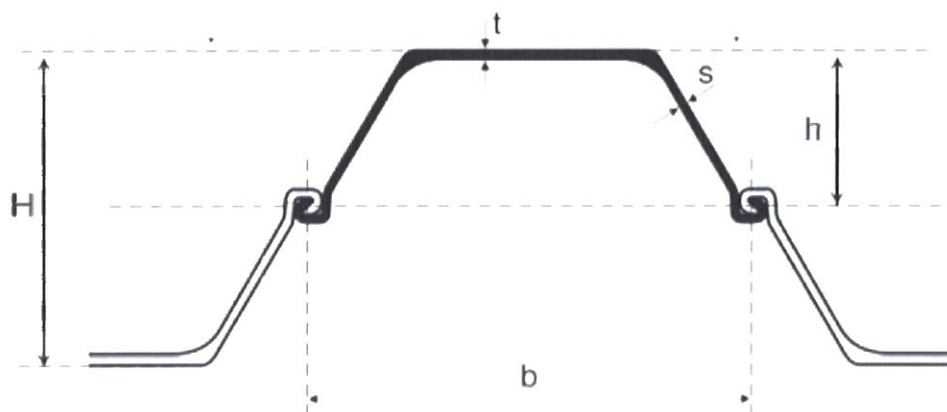


Таблица 1.3 – Основные технические характеристики шпунтовых профилей корытного типа производства Anshan Zizhu

Профиль	РАЗМЕРЫ			СВАЯ	СТЕНКА			
	Ширина (b), мм	Высота (H), мм	Толщина (t), мм		Вес одиночной сваи, кг/м	Площадь сечения, см <sup>2</sup> /м	Вес стенки, кг/м <sup>2</sup>	Момент инерции, см <sup>4</sup> /м
SPU I	400	170	8,0	35,5	113,0	88,7	4500	529
SPU II	400	200	10,5	48,0	153,0	120,1	8740	874
SPU III	400	250	13,0	60,0	191,0	149,9	16800	1340
SPU IIIA	400	300	13,1	58,4	186,0	146,0	22800	1520
<b>SPU IV</b>	<b>400</b>	<b>340</b>	<b>15,5</b>	<b>76,1</b>	<b>242,5</b>	<b>190,4</b>	<b>38600</b>	<b>2270</b>
<b>SPU VL</b>	<b>500</b>	<b>400</b>	<b>24,3</b>	<b>105,0</b>	<b>267,6</b>	<b>210,0</b>	<b>63000</b>	<b>3150</b>
SPU VII	500	450	27,6	120,0	306,0	240,0	86000	3820
SPU IIIVV	600	260	10,3	61,8	131,2	103,0	13000	1000
<b>SPU IIIVV</b>	<b>600</b>	<b>360</b>	<b>13,4</b>	<b>81,6</b>	<b>173,2</b>	<b>136,0</b>	<b>32400</b>	<b>1800</b>
<b>SPU IVVV</b>	<b>600</b>	<b>420</b>	<b>18,0</b>	<b>106,2</b>	<b>225,5</b>	<b>177,0</b>	<b>56700</b>	<b>2700</b>
	750	408	10,0	77,9	132,0	103,8	28710	1410
750x205,5	750	411	11,5	86,3	147,0	115,0	32850	1600
750x206	750	412	12,0	89,0	151,0	118,7	34270	1665

Профиль	РАЗМЕРЫ				СВАЯ	СТЕНКА					
	Ширина (b), мм	Высота (H), мм	Толщина (t), мм	Толщина (s), мм		Вес одиночной сваи, кг/м	Площадь сечения, см <sup>2</sup> /м	Вес стенки, кг/м <sup>2</sup>	Момент инерции, см <sup>4</sup> /м	Упругий момент сопротивления, см <sup>3</sup> /м	Статический момент $t_s$ , см <sup>3</sup> /м
ZU601	600	310	7,5	6,4	46,3	98,3	77,2	11530	744	432	864
ZU602	600	310	8,2	8	53,4	113,3	89	12870	830	482	964
ZU603	600	310	9,7	8,2	64,8	138,3	108	18600	1200	650	1300
ZU607	600	452	19	10,6	114	241,7	190	72320	3200	1810	3620
ZU16	600	430	10,2	8,4	72,6	154,2	121	35950	1670	980	1988
<b>ZU18</b>	<b>600</b>	<b>430</b>	<b>11,2</b>	<b>9</b>	<b>76,9</b>	<b>163,3</b>	<b>128,2</b>	<b>38650</b>	<b>1800</b>	<b>1055</b>	<b>2134</b>
ZU19	600	430	12,2	9,5	81,1	172,3	135,2	41320	1920	1125	2280
ZU20	600	450	11,1	9	81,9	173,9	136,5	46380	2060	1195	2422
ZU22	600	450	12,1	9,5	86,1	182,9	143,6	49460	2200	1275	2580
ZU23	600	450	13,1	10	90,4	192	150,7	52510	2335	1355	2735
ZU26	600	452	14,2	9,7	97,4	206,8	162,3	60580	2680	1525	3087
ZU28	600	454	15,2	10,1	101,8	216,1	169,6	64460	2840	1620	3269
ZU30	600	456	16,2	10,5	106,2	225,6	177,1	68380	3000	1710	3450
<b>ZU25-750</b>	<b>750</b>	<b>450</b>	<b>14,5</b>	<b>10,2</b>	<b>110,4</b>	<b>188</b>	<b>147,2</b>	<b>56240</b>	<b>2500</b>	<b>1420</b>	<b>2866</b>

Рисунок 3 - Конструкция плоского профиля SWP-12,5

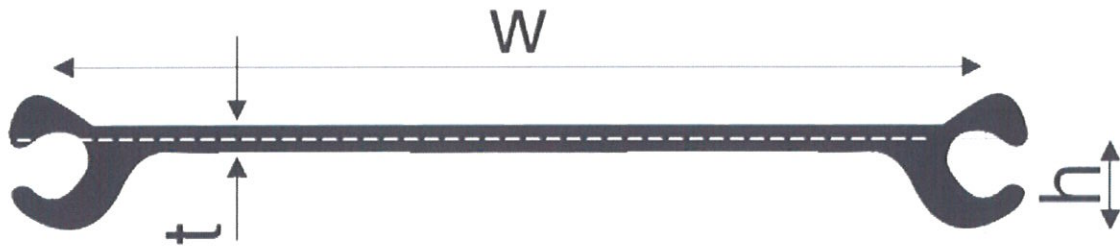


Таблица 1.4 – Основные технические характеристики шпунтовых профилей плоского типа производства Anshan Zizhu

Профиль	РАЗМЕРЫ		СВАЯ	СТЕНКА		
	Ширина (w), мм	Толщина (t), мм	Вес одиночной сваи, кг/м	Вес стенки, кг/м <sup>2</sup>	Момент инерции одиночной сваи, см <sup>4</sup> /м	Упругий момент сопротивления одиночной сваи, см <sup>3</sup> /м
SWP-9.5	500	9,5	63,8	128	168	46
SWP-11	500	11	70,6	141	186	49
SWP-12	500	12	74,3	149	196	51
<b>SWP-12.5</b>	<b>500</b>	<b>12,5</b>	<b>76,3</b>	<b>153</b>	<b>201</b>	<b>51</b>
SWP-12.7	500	12,7	77,1	154	204	51



# 1 Определение химического состава и расчет углеродного эквивалента металла шпунтов

## 1.1 Определение химического состава и расчет углеродного эквивалента шпунта ZZ46-700

Таблица 1.1.1- Химический состав зетового профиля ZZ46-700

Тип профиля	Массовая доля элементов, %									
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Al	Другие элементы
ZZ46-700	0,21	0,45	1,50	0,002	0,016	0,09	0,01	0,01	0,03	Ti 0,009 B 0,001 V 0,05
Требования BS EN 10248-1:1995										
S430GP	≤ 0,24	≤ 0,55	≤ 1,60	≤ 0,040	≤ 0,040		-	-	-	N 0,009-0,011 V, Nb, Ti*
Требования ГОСТ 19281-2014										
<b>Сталь 16Г2АФ</b>	0,14 - 0,20	0,30 - 0,60	1,30 - 1,70	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	≤ 0,30-	≤ 0,30	-	V 0,08 - 0,14 N 0,015 - 0,025
<b>Сталь 16Г2АФ-1</b>	0,14 - 0,20	≤ 0,60	≤ 1,70	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	≤ 0,30-	≤ 0,30	-	V 0,08 - 0,14 N 0,015 - 0,025

\*Для получения свойств сталь может дополнительно легироваться V, Nb, Ti

По химическому составу исследованный металл шпунта удовлетворяет требованиям, предъявляемым BS EN 10248-1:1995 к стали **S430GP**.

Российские стали класса прочности 440, близкие по химическому составу к сталям импортного производства: сталь 16Г2АФ, 16Г2АФ-1 по ГОСТ 19281-2014.

Расчет углеродного эквивалента производили в соответствии с EN 10248-1:1995 и JIS A5528 по формуле:

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15 \quad (1)$$

и в соответствии с ГОСТ 27772-2015 и ГОСТ 19281-2014 по формуле:

$$C_{экв} = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2 \quad (2)$$

**Расчетные значения углеродного эквивалента для шпунта**

**ZZ46-700 из стали S430GP: CEV =0,49; C<sub>экв</sub>=0,51.**

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**1.2 Определение химического состава и расчет углеродного эквивалента шпунтов: SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700, ZZ50-700.**

Результаты химического анализа представлены в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1 - Химический состав фрагментов шпунтов

№ п/п	Тип профиля	Массовая доля элементов, %								
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Другие элементы
1	SPU IV	0,23	0,29	1,53	0,009	0,019	0,01	0,01	0,01	Ti 0,006 V 0,002
2	SPU IVVV	0,22	0,39	1,53	0,009	0,024	0,01	0,01	0,00	Ti 0,007 V 0,002
3	ZU25-750	0,23	0,37	1,63	0,006	0,012	0,02	0,01	0,00	Ti 0,007 V 0,002
4	ZZ26-700	0,20	0,22	1,34	0,001	0,020	0,07	0,02	0,01	Ti 0,006 V 0,001
5	ZZ50-700	0,19	0,36	1,52	0,010	0,017	0,17	0,01	0,01	Ti 0,007 V 0,066

Таблица 1.2.2 - Химический состав сталей по европейскому и российскому стандартам

№	Марка стали, кл. прочн.	Массовая доля элементов, %								
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Другие элементы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Требования BS EN 10248-1:1996**</b>										
1	S355GP	≤ 0,24	≤ 0,55	≤ 1,60	≤ 0,045	≤ 0,045	-	-	-	N ≤0,009 V, Nb, Ti*
2	S390GP	≤ 0,24	≤ 0,55	≤ 1,60	≤ 0,040	≤ 0,040	-	-	-	N ≤0,009 V, Nb, Ti*
3	S430GP	≤ 0,24	≤ 0,55	≤ 1,60	≤ 0,040	≤ 0,040	-	-	-	N ≤0,009 V, Nb, Ti*
<b>Требования ГОСТ 19281-2014**</b>										
4	17Г1С	0,15- 0,20	0,40 - 0,60	1,15 - 1,60	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	≤ 0,30-	≤ 0,30	V ≤0,12 Al 0,020 - 0,050
5	17Г1С-1	0,15- 0,20	≤ 0,60	≤ 1,60	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,30	≤ 0,30-	≤ 0,30	V ≤0,12 Al 0,020 - 0,050
6	15Г2СФ	0,12 - 0,18	0,40 - 0,70	1,30 - 1,70	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,43	≤ 0,30-	≤ 0,30	V 0,05 -0,10

## ЦНИИПСК им. Мельникова

7	15Г2СФ-1	0,12 - 0,18	≤ 0,70	≤ 1,70	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	≤ 0,30	≤ 0,30	V 0,05-0,10
8	Сталь 16Г2АФ	0,14 - 0,20	0,30 - 0,60	1,30 - 1,70	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	≤ 0,30-	≤ 0,30	V 0,08 - 0,14 N 0,015 - 0,025
9	Сталь 16Г2АФ-1	0,14 - 0,20	≤ 0,60	≤ 1,70	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	≤ 0,30-	≤ 0,30	V 0,08 - 0,14 N 0,015 - 0,025

\*Для получения свойств сталь может дополнительно легироваться V, Nb, Ti

По химическому составу исследованный металл шпунтов удовлетворяет требованиям, предъявляемым BS EN 10248-1:1996 к сталям:

**S355GP - SPU IV; SPU IVVV; ZZ26-700;**

**S390GP - ZU25-750;**

**S430GP - ZZ50-700.**

Расчет углеродного эквивалента производили в соответствии с EN 10248-1:1995 и JIS A5528 по формуле:

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \quad (1)$$

и в соответствии с ГОСТ 27772-2015 и ГОСТ 19281-2014 по формуле:

$$С_{ЭКВ} = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2 \quad (2)$$

Таблица 1.2.3 - Значения углеродного эквивалента металла шпунтов

№	Тип профиля	Углеродный эквивалент	
		CEV по EN 10248-1:1995	СЭКВ по ГОСТ 27772-2015, ГОСТ 19281-2014
1	SPU IV	0,49	0,51
2	SPU IVVV	0,48	0,51
3	ZU25-750	0,51	0,53
4	ZZ26-700	0,44	0,46
5	ZZ50-700	0,49	0,51

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**1.3 Определение химического состава и расчет углеродного эквивалента шпунтов SPU-VL, SPU-IIIIVV, ZU18, SWP-12,5**

Определение химического состава шпунтов проводили методом атомно-эмиссионного спектрального анализа по ГОСТ Р 54153-2010; ГОСТ 18895-97 на эмиссионном спектрометре АРГОН-5СФ (зав. № А5-178, свидетельство о поверке №АБ 0034700 до 04 февраля 2020 г.). Результаты химического анализа представлены в таблице 2.1.

Таблица 1.3.1 - Химический состав шпунтов

№ п/п	Тип профиля	Массовая доля элементов, %								
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Другие элементы
1	SPU-VL	0,20	0,24	1,24	0,001	0,014	0,10	0,03	0,03	Al 0,010 Ti 0,002 V 0,001 As 0,006
2		0,21	0,25	1,25	0,003	0,018	0,10	0,03	0,03	Al 0,010 Ti 0,002 V 0,001 As 0,006
3	SPU-IIIIVV	0,27	0,25	1,24	0,001	0,014	0,11	0,02	0,01	Al 0,010 Ti 0,003 V 0,001 Mo 0,010 As 0,001
4		0,27	0,25	1,25	0,001	0,014	0,12	0,02	0,01	Al 0,040 Ti 0,005 V 0,002 Mo 0,010 As 0,007
5	ZU18	0,25	0,21	1,31	0,020	0,021	0,07	0,05	0,04	Ti 0,002 V 0,003 Mo 0,010 As 0,012
6	SWP-12,5	0,16	0,38	1,37	0,008	0,010	0,02	0,02	0,02	Ti 0,001 V 0,001 As 0,005

## ЦНИИПСК им. Мельникова

Таблица 1.3.2 - Химический состав импортных сталей и российских аналогов

№ п\п	Марка стали	Массовая доля элементов, %								
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Другие эл-ты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Японский стандарт JIS A5528/ JIS A5523</b>										
1	SY 295	-	-	-	≤ 0,040	≤ 0,040	-	-	-	-
2	SYW 295*	≤ 0,18	≤ 0,55	≤ 1,5	≤ 0,040	≤ 0,040	-	-	-	N ≤0,006
3	SY 390	-	-	-	≤ 0,040	≤ 0,040	-	-	-	-
4	SYW 390*	≤ 0,18	≤ 0,55	≤ 1,5	≤ 0,040	≤ 0,040	-	-	-	N ≤0,006
<b>Европейский стандарт EN 10248-1:1996</b>										
5	S355GP	≤ 0,27	≤ 0,60	≤ 1,70	≤ 0,055	≤ 0,055	-	-	-	N ≤0,011
<b>ГОСТ 19281-2014</b>										
6	09Г2-1	≤ 0,12	0,17 - 0,37	≤ 1,80	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,30	≤ 0,30-	≤ 0,30	V ≤ 0,12
7	09Г2С-1	≤ 0,12	≤ 0,80	≤ 1,70	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,30	≤ 0,30-	≤ 0,30	V ≤ 0,12
8	16ГС	0,12 - 0,18	0,40 - 0,70	0,90 - 1,20	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,30	≤ 0,30-	≤ 0,30	V ≤ 0,12
9	16ГС-1	≤ 0,18	≤ 0,70	≤ 1,20	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,30	≤ 0,30-	≤ 0,30	V ≤ 0,12
12	15Г2СФ	0,12 - 0,18	0,40 - 0,70	1,30 - 1,70	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,43	≤ 0,30-	≤ 0,30	V 0,05 -0,10
12	15Г2СФ-1	0,12 - 0,18	≤ 0,70	≤ 1,70	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	≤ 0,30-	≤ 0,30	V 0,05-0,10
13	17Г1С	0,15- 0,20	0,40 - 0,60	1,15 - 1,60	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,40	≤ 0,30-	≤ 0,30	V ≤ 0,12 Al 0,020 - 0,050
14	17Г1С-1	0,15- 0,20	≤ 0,60	≤ 1,60	≤ 0,035	≤ 0,030	≤ 0,30	≤ 0,30-	≤ 0,30	V ≤ 0,12 Al 0,020 - 0,050

\*Для сталей SY 295, SY 295 содержание химических элементов, кроме серы и фосфора по JIS A5528 не нормируется; стали SYW 295, SYW 295 по JIS A5523 - для сварных конструкций

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

По химическому составу

-шпунт SPU-VL удовлетворяет требованиям, предъявляемым стандартом JIS A5528 к стали SY 295

-шпунт SPU-IIIIVV удовлетворяет требованиям, предъявляемым стандартом JIS A5528 к стали SY 390

-шпунт ZU18 удовлетворяет требованиям, предъявляемым стандартом EN 10248-1:1995 к стали S355GP

-шпунт SWP-12,5 удовлетворяет требованиям, предъявляемым стандартом EN 10248-1:1995 к стали S355GP

Расчет углеродного эквивалента производили в соответствии с EN 10248-1:1995 и JIS A5528 по формуле:

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \quad (1)$$

и в соответствии с ГОСТ 27772-2015 и ГОСТ 19281-2014 по формуле:

$$СЭКВ = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2 \quad (2)$$

Таблица 1.3.3 - Значения углеродного эквивалента

№	Тип профиля	Углеродный эквивалент	
		CEV по EN 10248-1:1995	СЭКВ по ГОСТ 27772-2015, ГОСТ 19281-2014
1	<b>SPU-VL</b>	0,43	0,46
2	<b>SPU-IIIIVV</b>	0,51	0,52
3	<b>ZU18</b>	0,49	0,52
4	<b>SWP-12,5</b>	0,40	0,42

## 2 Определение механических характеристик при статическом растяжении

### 2.1 Определение механических характеристик при статическом растяжении шпунта ZZ46-700

Испытания на статическое растяжение металла зетового профиля ZZ46-700 проведены на машине испытательной универсальной ЦД-40 (зав. № 282/74/24, свидетельство о поверке № АБ 0023986, действительно до 29 января 2020г.). Измерения проведены штангенциркулем ШЦ-1(0-125), цена деления 0,1мм, КТ2 (зав. № 447307, свидетельство о поверке № АБ 0025382, действительно до 11 февраля 2020 г.).

Образцы цилиндрические тип III ГОСТ 1497-84 для испытания отбирали от полки и боковой поверхности шпунта с различной толщиной: 16 мм и 20 мм.

Таблица 2.1.1 - Результаты испытания на статическое растяжение

Толщина элемента зетового профиля	Условный номер образца	Механические свойства			
		Временное сопротивление разрыву $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %
16 мм	1.1	<b>725</b>	<b>501</b>	<b>24,9</b>	<b>67,0</b>
	1.2	<b>761</b>	<b>531</b>	<b>23,0</b>	<b>68,3</b>
	1.3	<b>725</b>	<b>507</b>	<b>25,5</b>	<b>67,0</b>
20 мм	2.1	<b>719</b>	<b>514</b>	<b>25,6</b>	<b>69,7</b>
	2.2	<b>742</b>	<b>488</b>	<b>25,6</b>	<b>68,6</b>
	2.3	<b>763</b>	<b>539</b>	<b>23,7</b>	<b>69,7</b>

Таблица 2.1.2 - Механические характеристики горячекатаных шпунтовых профилей по BS EN 10248-1:1995

Объект исследования.	Предел прочности $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $A(\delta_5)$ , %
Сталь S430GP	$\geq 510$	$\geq 430$	$\geq 19$

Таблица 2.1.3 - Механические свойства при испытании на растяжение фасонного проката по ГОСТ 19281-2014

Объект исследования.	Предел прочности $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение A ( $\delta_5$ ), %
Сталь класса прочности 440	$\geq 590$	$\geq 440$	$\geq 19$

По механическим характеристикам при статическом растяжении зетовый профиль ZZ46-700 удовлетворяет требованиям, предъявляемым BS EN 10248-1:1995 к шпунтам из стали S430GP горячей прокатки.

По механическим характеристикам при статическом растяжении зетовый профиль ZZ46-700 удовлетворяет требованиям, предъявляемым ГОСТ 19281-2014 к толстолистовому прокату из стали класса прочности 440 (например, сталь 16Г2АФ).

## 2.2 Определение механических характеристик при статическом растяжении шпунтов SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700, ZZ50-700

Испытания на статическое растяжение проведены на машине испытательной универсальной ЦД-40 (зав. № 282/74/24, свидетельство о поверке № АБ 0023986, действительно до 29 января 2020г.) на цилиндрических образцах тип III по ГОСТ 1497-84. Измерения проведены штангенциркулем ШЦ-1(0-125), цена деления 0,1мм, КТ2 (зав. № 447307, свидетельство о поверке № АБ 0025382, действительно до 11 февраля 2020 г.).

Образцы для испытаний располагали вдоль и поперек фрагмента шпунта, соответственно условное обозначение образцов: В - вдоль, П - поперек. Результаты испытаний представлены в таблице 2.2.1.



## ЦНИИПСК им. Мельникова

Таблица 2.2.1 - Результаты испытания на статическое растяжение

№ п/п	Тип профиля	Услов. № образ-ца*	Механические свойства			
			Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %
1	2	3	4	5	6	7
1	SPU IV	1B1	622	387**	28,5	65,4
		1B2	622	384**	27,2	65,4
		1B3	617	361**	26,5	64,5
		1П4	616	365**	24,1	58,9
		1П5	611	352**	26,6	58,8
		1П6	611	352**	25,3	60,9
2	SPU IVVV	2B1	626	389	26,5	61,4
		2B2	626	387	27,0	68,2
		2B3	625	382	27,6	66,9
		2П4	626	375**	26,7	59,0
		2П5	634	378**	25,4	54,0
		2П6	637	390**	24,7	57,0
3	ZU25-750	3B1	656	409	28,1	65,3
		3B2	658	411	28,7	64,0
		3B3	652	410	29,6	64,4
		3П4	655	417	29,0	56,1
		3П5	655	415	24,8	54,7
		3П6	658	418	27,0	54,5
4	ZZ26-700	4B1	596	384	31,6	70,7
		4B2	596	386	31,8	70,2
		4B3	593	378	31,4	70,7
		4П4	595	357	31,3	68,6
		4П5	597	371	28,7	67,8
		4П6	593	368	28,7	68,4

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

Продолжение таблицы 2.2.1

1	2	3	4	5	6	7
5	ZZ50-700	5B1	<b>695</b>	<b>497</b>	<b>25,8</b>	<b>60,2</b>
		5B2	<b>710</b>	<b>509</b>	<b>25,4</b>	<b>60,6</b>
		5B3	<b>714</b>	<b>497</b>	<b>24,5</b>	<b>63,8</b>
		5П4	<b>716</b>	<b>489</b>	<b>19,0</b>	<b>50,1</b>
		5П5	<b>707</b>	<b>484</b>	<b>20,1</b>	<b>51,3</b>
		5П6	<b>704</b>	<b>488</b>	<b>18,7</b>	<b>48,1</b>

Таблица 2.2.2 - Механические характеристики горячекатаных шпунтовых профилей по BS EN 10248-1:1995

Объект исследования	Временное сопротивление $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
Сталь S355GP	$\geq 480$	$\geq 355$	$\geq 22$
Сталь S390GP	$\geq 490$	$\geq 390$	$\geq 20$
Сталь S430GP	$\geq 510$	$\geq 430$	$\geq 19$

Таблица 2.2.3 - Механические свойства при испытании на растяжение фасонного проката по ГОСТ 19281-2014

Класс прочности	Временное сопротивление $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
<b>355</b>	$\geq 480$	$\geq 355$	$\geq 21$
<b>390</b>	$\geq 530$	$\geq 390$	$\geq 18$
<b>440</b>	$\geq 590$	$\geq 440$	$\geq 19$

По фактическим механическим характеристикам шпунтов определена марка стали.

По механическим характеристикам при статическом растяжении (на продольных образцах) исследованные шпунты удовлетворяет требованиям, предъявляемым BS EN 10248-1:1995 к шпунтам горячей прокатки из сталей:

S355GP - SPU IV; SPU IVVV; ZZ26-700;

S390GP - ZU25-750;

S430GP - ZZ50-700.

## ЦНИИПСК им. Мельникова

По механическим характеристикам при статическом растяжении (на продольных образцах) исследованные шпунты удовлетворяет требованиям, предъявляемым ГОСТ 19281-2014 к фасонному прокату из низколегированных сталей:

класса прочности 355 - **SPU IV; SPU IVVV; ZZ26-700;**

класса прочности 390 - **ZU25-750;**

класса прочности 440 - **ZZ50-700.**

### 2.3 Определение механических характеристик при статическом растяжении шпунтов SPU-VL, SPU-IIIIVV, ZU18, SWP-12,5

Испытания на статическое растяжение проведены на испытательной машине ИМ-4Р (зав. №282, свидетельство о поверке № АБ 0023985, действительно до 29 января 2020 г) на цилиндрических образцах тип III по ГОСТ 1497-84. Измерения проведены штангенциркулем ШЦ-1(0-125), цена деления 0,1мм, КТ2 (зав. № 447307, свидетельство о поверке № АБ 0025382, действительно до 11 февраля 2020 г.).

Образцы для испытаний располагали вдоль и поперек полки шпунта, соответственно условное обозначение образцов: В -вдоль, П - поперек. Таблица

#### 2.3.1 - Результаты испытания на статическое растяжение

№ фрагмента	Тип профиля марка стали	Услов. № образца	Механические свойства			
			Временное сопротивление $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относит. удлинение $\delta$ , %	Относит. сужение $\psi$ , %
1	2	3	4	5	6	7
1-1	SPU-VL  SY 295	1В1	<b>596</b>	<b>338</b>	<b>29,7</b>	<b>72,2</b>
		1В2	<b>594</b>	<b>333</b>	<b>32,5</b>	<b>71,2</b>
		1П3	<b>594</b>	<b>339</b>	<b>31,4</b>	<b>71,7</b>
		1П4	<b>582</b>	<b>340</b>	<b>31,5</b>	<b>71,0</b>
1-2		2В1	<b>592</b>	<b>353</b>	<b>30,3</b>	<b>72,3</b>
		2В2	<b>595</b>	<b>345</b>	<b>31,9</b>	<b>71,1</b>

## ЦНИИПСК им. Мельникова

Продолжение таблицы 2.3.1

1	2	3	4	5	6	7
		2П3	595	350*	31,6	69,1
		2П4	589	353*	29,5	69,0
2-3	SPU- ШВВ	3В1	670	529*	25,7	60,8
		3В2	666	524*	23,6	63,5
	SY 390	3П3	666	400	22,5	54,0
		3П4	663	408	28,9	58,2
2-4	SPU- ШВВ	4В1	665	411	29,3	62,5
		4В2	656	407	29,2	59,0
	SY 390	4П3	647	406	25,0	58,4
		4П4	658	397	25,4	65,5
3-5	ZU18	5В1	607	393	30,6	65,6
	S355GP	5В2	601	392	29,4	65,3
		5П3	608	408	24,5	56,9
		5П4	607	393	24,2	56,9
4-6	SWP- 12,5 S355GP	6В1	543	380	30,1	66,0

\*-условный предел текучести

Таблица 2.3.2 - Механические характеристики горячекатаных шпунтовых профилей по BS EN 10248-1:1995

Марка стали, стандарт	Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
Сталь SY 295 JIS A5528	≥490	≥295	≥17
Сталь SY 390 JIS A5528	≥540	≥390	≥15
Сталь S355GP EN 10248-1:1995	≥480	≥355	≥22

Таблица 2.3.3 - Механические свойства при испытании на растяжение фасонного проката по ГОСТ 19281-2014

Класс прочности	Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta_5$ , %
<b>295</b>	$\geq 430$	$\geq 295$	$\geq 21$
<b>390</b>	$\geq 530$	$\geq 390$	$\geq 18$
<b>355</b>	$\geq 480$	$\geq 355$	$\geq 21$

По механическим характеристикам при статическом растяжении корытный шпунт **SPU-VL** удовлетворяет требованиям, предъявляемым японским стандартом JIS A5528 к стали SY 295.

По механическим характеристикам при статическом растяжении корытный шпунт **SPU-IIIIVV** удовлетворяет требованиям, предъявляемым японским стандартом JIS A5528 к стали SY 390.

По механическим характеристикам при статическом растяжении корытный шпунт **ZU18** удовлетворяет требованиям, предъявляемым европейским стандартом EN 10248-1 к стали S355GP.

По механическим характеристикам при статическом растяжении плоский шпунт **SWP-12,5** удовлетворяет требованиям, предъявляемым европейским стандартом EN 10248-1 к стали S355GP.

По механическим характеристикам при статическом растяжении исследованные шпунты удовлетворяет требованиям, предъявляемым ГОСТ 19281-2014 к толстолистовому прокату и гнутым профилям из низколегированных сталей:

класса прочности 290 - шпунт SPU-VL;

класса прочности 390 - шпунт SPU-IIIIVV;

класса прочности 355 - шпунты ZU18, SWP-12,5.

### 3 Результаты испытания замков шпунтов на прочность

#### 3.1 Испытание на прочность замка шпунта ZZ46-700

Замки зетового профиля ZZ46-700 испытывали на прочность сцепления. От профиля для испытания на растяжение отобрали три поперечных образца толщиной 22 - 24 мм. Обе половины зетового профиля соединили в замок и испытали на растяжение на машине испытательной универсальной ЦД-40 (зав. № 282/74/24, свидетельство о поверке № АБ 0023986, действительно до 29 января 2020г.) до момента раскрытия замка. Внешний вид замка до и после испытаний показан на рисунке 3.1.1.



Рисунок 3.1.1 - Вид замка до и после испытаний

Таблица 3.1.1 - Результаты испытания замков на прочность

Маркировка образца	Ширина захватной части замка, мм	Толщина захватной части замка, мм*	Расчетная площадь сечения $S$ , мм <sup>2</sup>	Разрушающая нагрузка $P$ , Н	Разрушающее напряжение $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Зона разрушения
3-4	22,5	10,0; 12,0	225	28224	125	Захват, толщиной 10 мм
5-6	22,0	10,0; 12,0	220	29400	134	Захват, толщиной 10 мм
7-8	24,0	10,0; 12,0	240	30380	126	Захват, толщиной 10 мм

\*Образцы 3, 5, 7 - толщина металла в замке 10,0 мм; Образцы 4, 6, 8 - толщина металла в замке 12 мм.

Требования на испытание места соединения на растяжение не накладываются.

### 3.2 Результаты испытания на прочность замков шпунтов SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700

Замки шпунтов испытывали на прочность сцепления. От фрагментов шпунтов для испытания на растяжение отобрали по два образца толщиной 20 - 21 мм. Обе половины шпунтов соединяли в замок и испытывали на растяжение на машине испытательной универсальной ЦД-40 (зав. № 282/74/24, свидетельство о поверке № АБ 0023986, действительно до 29 января 2020г.) до момента раскрытия замка. Внешний вид замков после испытаний показан на рисунках 3.2.1 - 3.2.5.

Таблица 3.2.1 - Результаты испытания замков на прочность

№ п/п	Тип профиля	Усл. № образца	Размеры захватной части замка		Расчетная площадь сечения S, мм <sup>2</sup>	Разрушающая нагрузка Р, Н	Разрушающее напряжение $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>
			Ширина В, мм	Толщина а, мм			
1	SPU IV	1.1-	21,2	9,9	210	15696	75
		1.3-	21,2	9,9	210	15794	75
2	SPU IVVV	2.1-	21,4	8,1	171	13832	81
		2.3-	21,2	8,3	174	12949	74
3	ZU25-750	3.1-	21,2	9,5	201	16677	83
		3.3-	21,2	9,5	201	16775	83
4	ZZ26-700	4.1-	21,4	9,5	197	19130	97
		4.3-	20,0	9,5	185	18050	98
5	ZZ50-700	5.1-	20,9	10,3	215	21288	99
		5.3-	21,0	10,3	216	21582	100

Требования на испытание места соединения на растяжение НД не накладываются.

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

Таблица 3.2.2 - Характеристика образцов в зоне разрушения замков

№ п/п	Тип профиля	Усл. № образца	Характер зоны разрушения	№ рисунка
1	<b>SPU IV</b>	1.1-1.2	Деформация с изменением геометрических размеров	Рис.3.2.1
		1.3-1.4		
2	<b>SPU IVVV</b>	2.1-2.2	Деформация с появлением трещин	Рис.3.2.2
		2.3-2.4		
3	<b>ZU25-750</b>	3.1-3.2	Деформация с появлением трещин	Рис.3.2.3
		3.3-3.4		
4	<b>ZZ26-700</b>	4.1-4.2	Деформация с появлением трещин	Рис.3.2.4
		4.3-4.4		
5	<b>ZZ50-700</b>	5.1-5.2	Деформация с появлением трещин	Рис.3.2.5
		5.3-5.4		

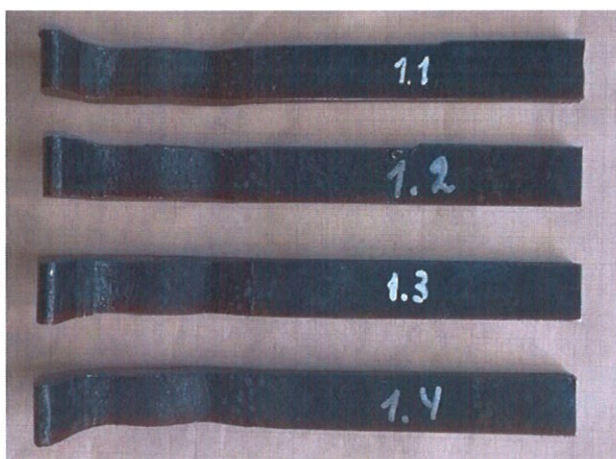


Рисунок 3.2.1 - Внешний вид замков шпунта SPU IV после испытания



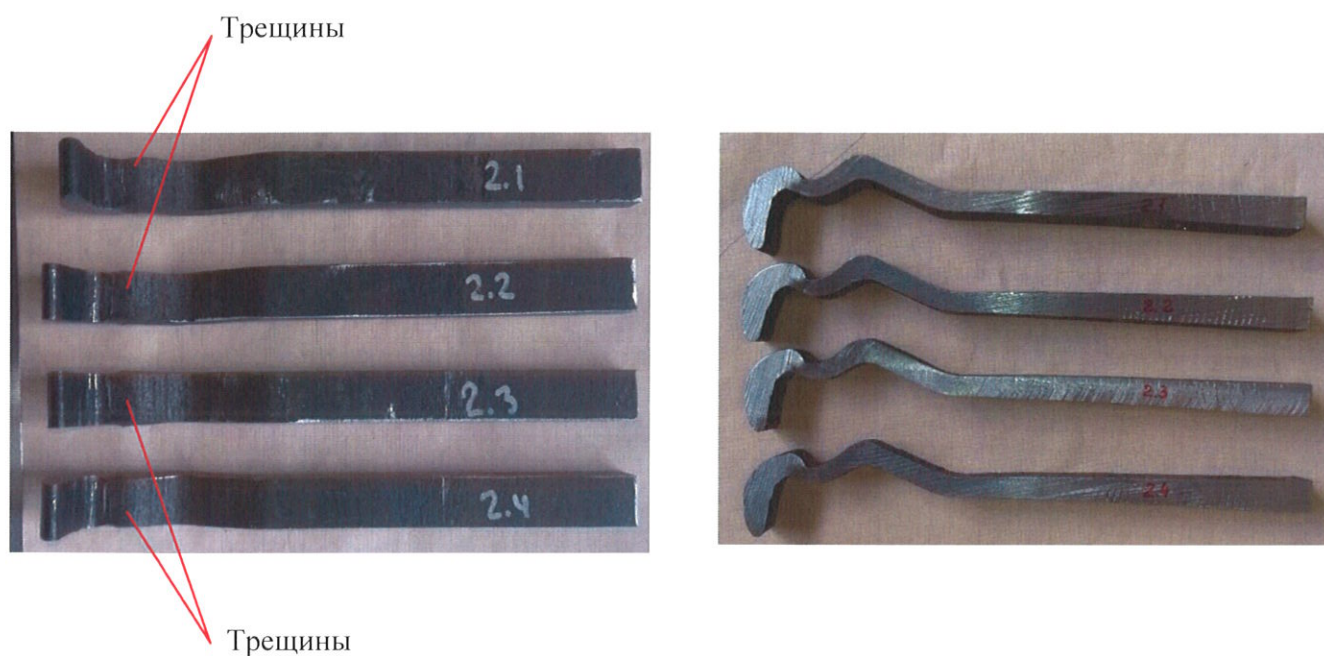


Рисунок 3.2.2 - Внешний вид замков шпунта SPU IVVV после испытания

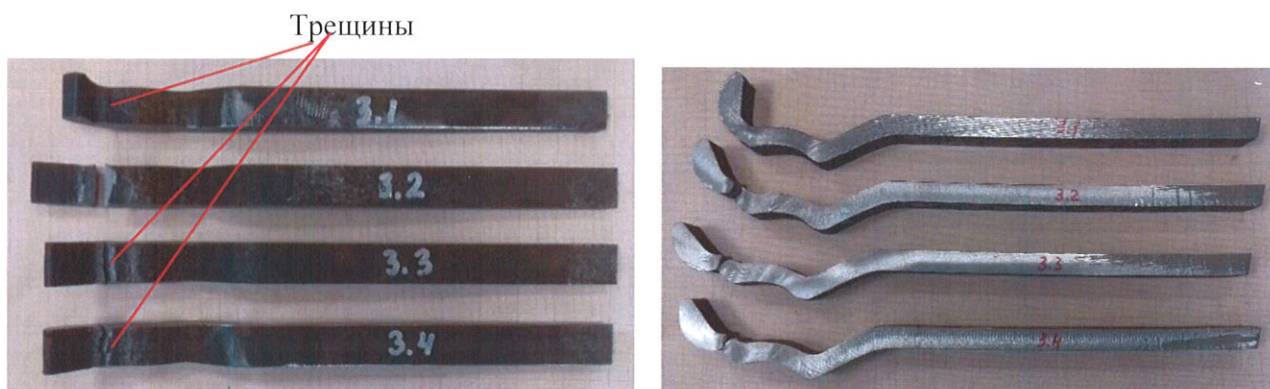


Рисунок 3.2.3 - Внешний вид замков шпунта ZU25-750 после испытания

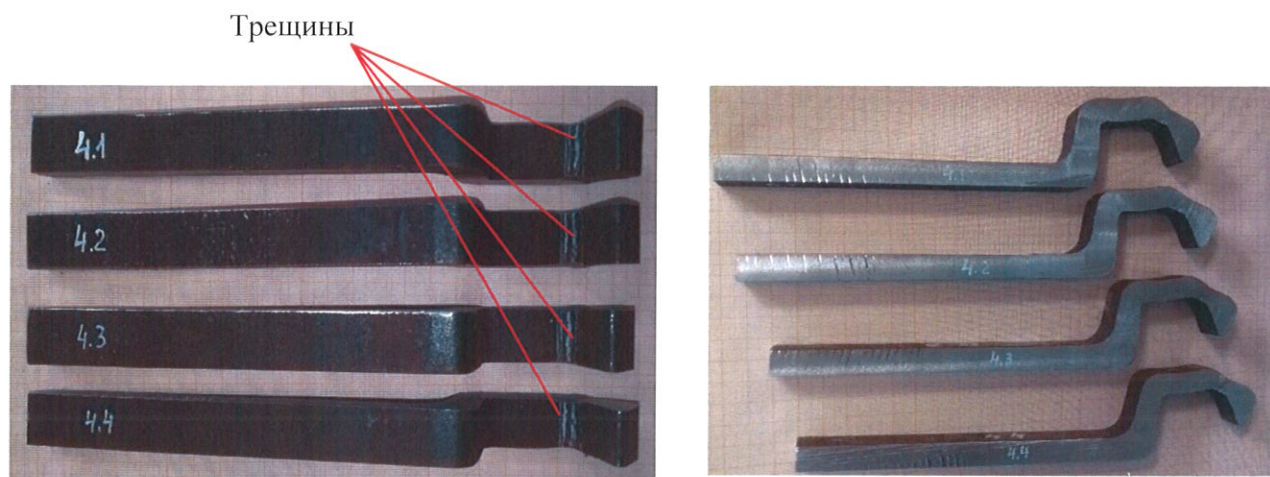


Рисунок 3.2.4 - Внешний вид замков шпунта ZZ26-700 после испытания

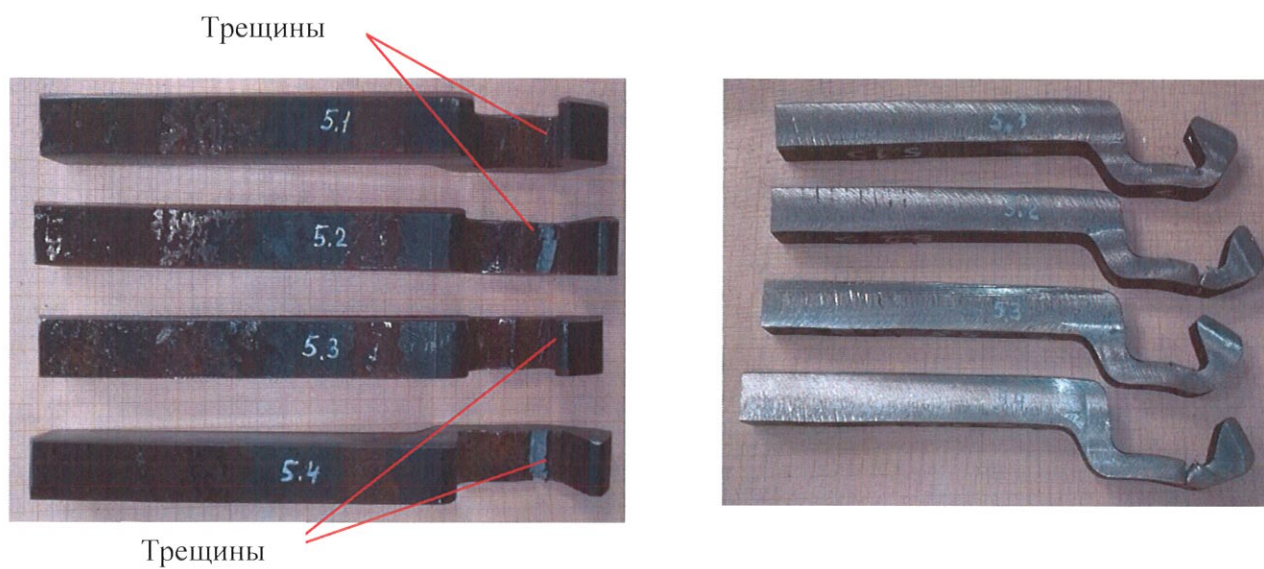


Рисунок 3.2.5- Внешний вид замков шпунта ZZ50-700 после испытания

### 3.3 Результаты испытания на прочность замков шпунтов SPU-VL, SPU-III VV, ZU18, SWP-12,5

Замки шпунтов испытывали на прочность сцепления. От фрагментов шпунтов для испытания на растяжение изготовили образцы с шириной захватной части от  $20 \pm 0,9$  до  $21 \pm 0,9$  мм. Два образца соединяли в замок и испытывали на растяжение на машине испытательной универсальной ЦД-40 (зав. № 282/74/24, свидетельство о поверке № АБ 0023986, действительно до 29 января 2020г.) до момента раскрытия замка. Внешний вид замков после испытаний показан на рисунках 3.3.1 - 3.3.6.

Таблица 3.3.1 - Результаты испытания замков на прочность сцепления

Объект	Усл. № образца	Ширина захватной части замка, мм	Толщина захватной части замка, мм	Расчетная площадь сечения $S$ , мм <sup>2</sup>	Разрушающая нагрузка $P$ , Н	Разрушающее напряжение $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>
Замок SPU-VL	1.1-1.2	21,02-20,97	11,60-11,79	243,85	23544	<b>94</b>
	1.3-1.4	20,84-20,82	11,87-12,10	247,37	21582	<b>87</b>
Замок SPU-VL	2.1-2.2	20,98-20,79	12,66-11,0	228,69	25506	<b>112</b>
	2.3-2.4	20,90-21,10	10,80-11,07	225,72	25556	<b>113</b>
Замок SPU-III VV	3.1-3.2	21,20-20,90	7,60-8,20	161,12	17560	<b>109</b>
	3.3-3.4	20,92-20,99	7,65-8,20	160,04	18639	<b>115</b>
Замок SPU-III VV	4.1-4.2	20,95-21,40	7,65-8,16	160,27	17756	<b>111</b>
	4.3-4.4	20,77-21,11	7,71-8,17	160,14	17658	<b>110</b>
Замок ZU18	5.1-5.2	20,94-21,11	7,95-8,65	166,47	15107	<b>91</b>
	5.3-5.4	21,0-21,2	8,05-8,63	169,05	15303	<b>91</b>
Замок SWP-12,5	6.1-6.2	19,72-19,54	11,09-11,25	218,69	113796	<b>520</b>
	6.3-6.4	20,05-19,88	11,17-11,26	223,85	114700	<b>513</b>

Требования на испытание места соединения на растяжение НД не накладываются.

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

Таблица 3.3.2 - Характеристика образцов в зоне разрушения замков

Объект	Усл. № образца	Характеристика образцов в зоне разрушения замков	№ рисунка
Замок SPU-VL	1.1-1.2 1.3-1.4	Деформация замка с появлением трещин (практически полное разрушение образца 1.4) в зоне минимального сечения	Рис.1
Замок SPU-III	2.1-2.2	Деформация замка с появлением трещин	
Замок SPU-III-VV	3.1-3.2 3.3-3.4	Деформация замка с появлением незначительных трещин в зоне минимального сечения	Рис.3
Замок SPU-III-VV	4.1-4.2 4.3-4.4	Деформация замка с появлением трещин в зоне минимального сечения	Рис.4
Замок ZU18	5.1-5.2 5.3-5.4	Деформация замка и практически полное разрушение образцов 5.2, 5.4 в зоне минимального сечения	Рис.5
Замок SWP-12,5	6.1-6.2 6.3-6.4	Выход замков из зацепления в результате смятия губок замка	Рис.6

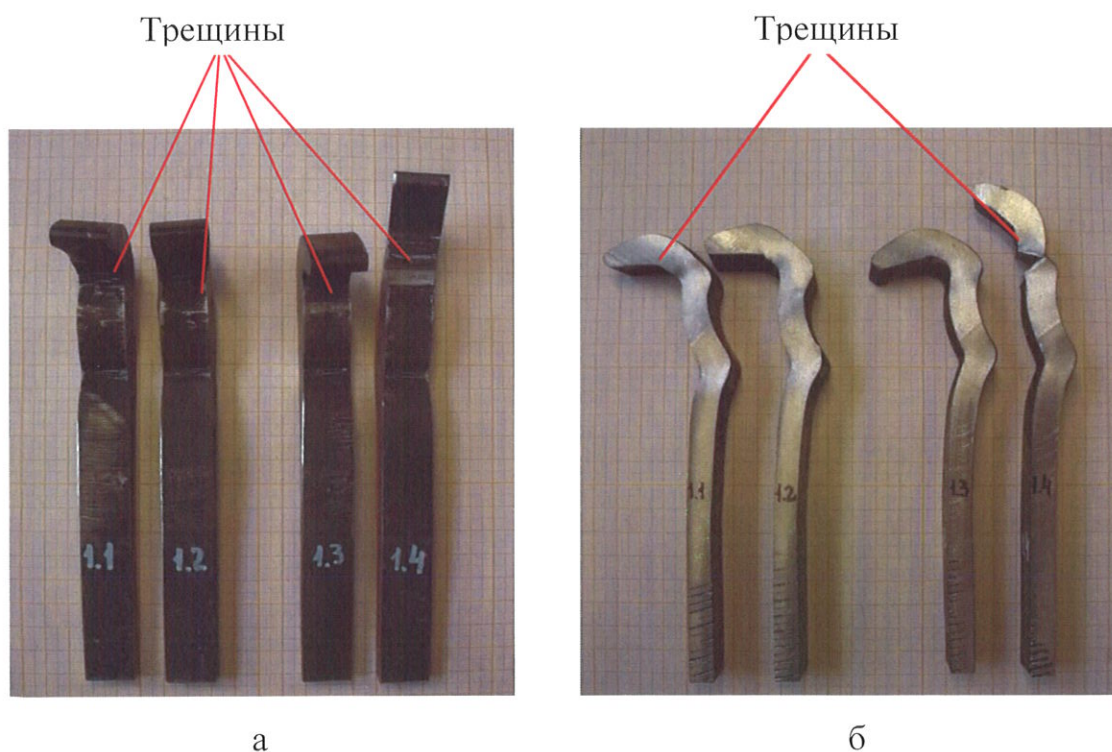


Рисунок 3.3.1 - Внешний вид образцов из шпунта SPU-VL после испытания

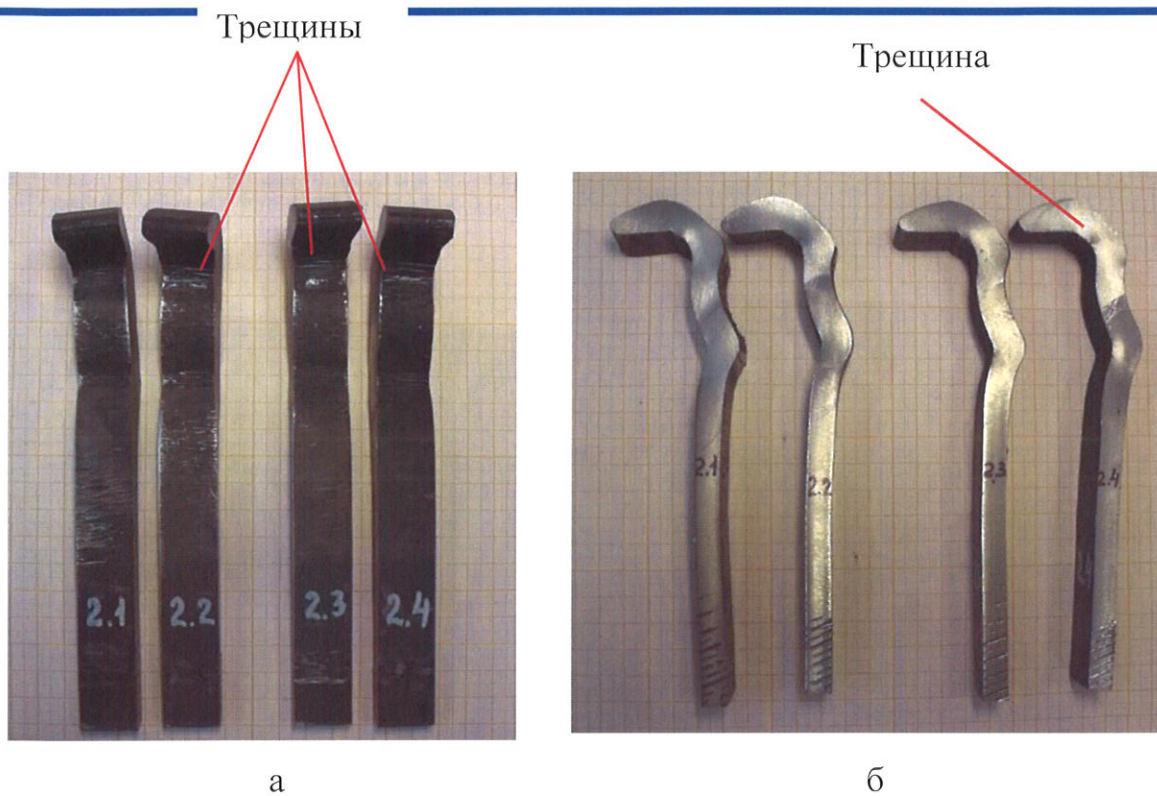


Рисунок 3.3.2 - Внешний вид образцов из шпунта SPU-VL после испытания



Рисунок 3.3.3 - Внешний вид образцов из шпунта SPU-VL после испытания

Трещины

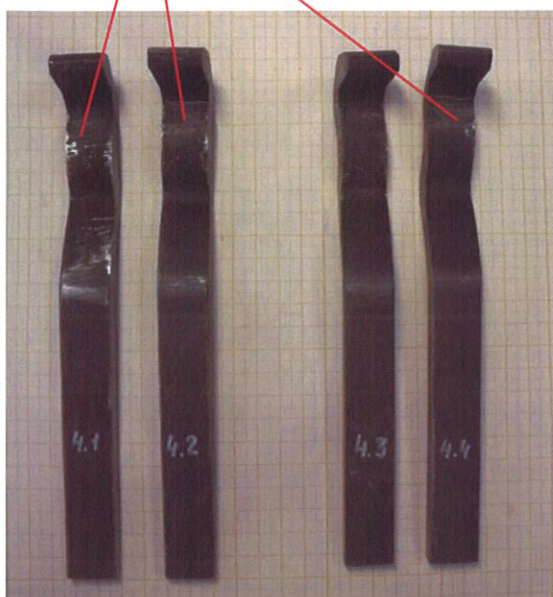


Рисунок 3.3.4 - Внешний вид образцов из шпунта SPU-III-VV после испытания

Трещины



Трещины



Рисунок 3.5 - Внешний вид образцов из шпунта ZU18 после испытания

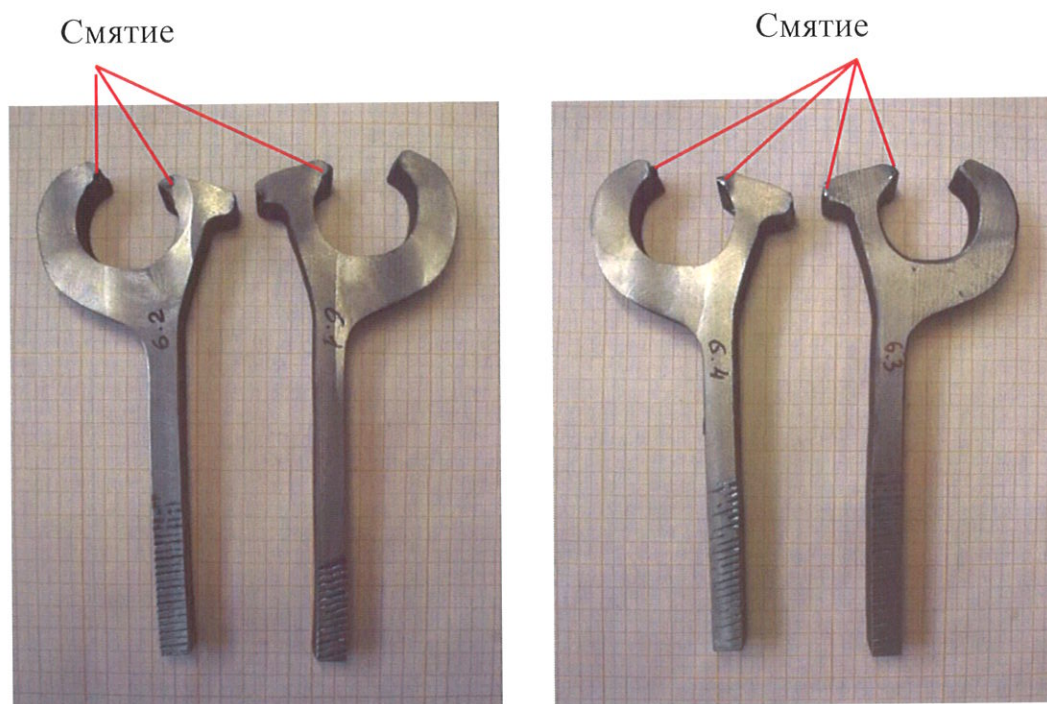


Рисунок 3.3.6 - Внешний вид образцов из шпунта SWP-12,5 после испытания

## 4 Результаты испытания на статический изгиб

### 4.1 Результаты испытания на статический изгиб шпунта ZZ46-700

Испытание на статический изгиб образцов, изготовленных из зетового профиля ZZ46-700, проведено в соответствии с ГОСТ 14019-80 на машине испытательной универсальной ЦД-40 (зав. № 282/74/24, свидетельство о поверке № АБ 0023986, действительно до 29 января 2020г.).

Образцы для испытаний изготавливали из полки толщиной 20 мм и из боковой стенки толщиной 16 мм. Исходные данные и результаты испытаний приведены в таблице 4.1.1. Образцы из стали S430GP, выдержали изгиб до угла  $180^\circ$  без появления расслоений и трещин. Внешний вид образцов после испытаний показан на рисунке 4.1.1.

Таблица 4.1.1- Исходные данные и результаты испытания на загиб

№ п/п	Размер образцов	Условный номер образца	Диаметр оправки D, мм (D=2α)	Угол изгиба град.	Выявленные дефекты
1	Пластина стальная 450х60х16мм	1В	32	$180^\circ$	трещин нет
2	Пластина стальная 450х50х20мм	2В	40	$180^\circ$	трещин нет

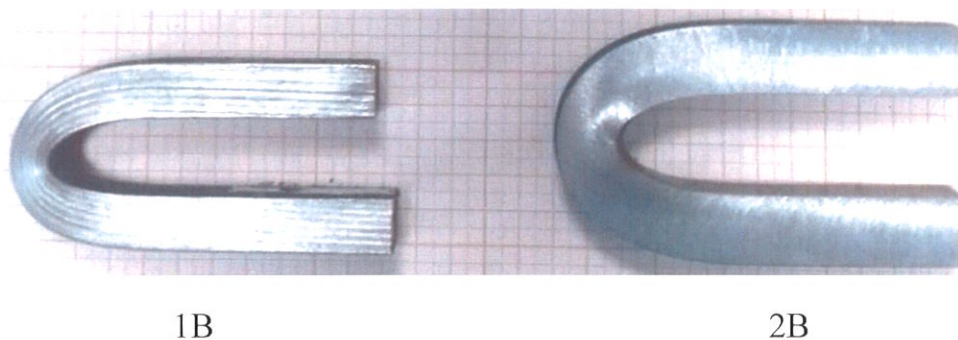


Рисунок 4.1.1 - Внешний вид образцов после испытаний на изгиб



## 4.2 Результаты испытания на статический изгиб шпунтов SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700

Испытания на статический изгиб образцов, изготовленных из шпунтов SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700, проведены в соответствии с ГОСТ 14019-80 на машине испытательной универсальной ЦД-40 (зав. № 282/74/24, свидетельство о поверке № АБ 0023986, действительно до 29 января 2020г.). Образцы при испытании располагали внутренней стороной шпунта в растягивающей зоне.

Исходные данные и результаты испытаний приведены в таблице 4.2.1. Образцы, выдержали изгиб до угла  $180^\circ$  без появления расслоений и трещин. Внешний вид образцов после испытаний показан на рисунке 4.2.1.

Таблица 4.2.1 - Исходные данные и результаты испытания на загиб

№ п/п	Тип профиля	Диаметр оправки, D, мм ( $D=2a$ )	Угол изгиба, град.	Выявленные дефекты
1	<b>SPU IV</b>	30	<b><math>180^0</math></b>	трещин нет
2	<b>SPU IVVV</b>	36	<b><math>180^0</math></b>	трещин нет
3	<b>ZU25-750</b>	28	<b><math>180^0</math></b>	трещин нет
4	<b>ZZ26-700</b>	26	<b><math>180^0</math></b>	трещин нет
5	<b>ZZ50-700</b>	32	<b><math>180^0</math></b>	трещин нет



Рисунок 4.2.1- Внешний вид образцов после испытания на изгиб

### 4.3 Результаты испытания на статический изгиб шпунтов SPU-VL, SPU-IIIIVV, ZU18, SWP-12,5

Испытания на статический изгиб образцов, изготовленных из шпунтов, SPU-VL, SPU-IIIIVV, ZU18, SWP-12,5 проведены в соответствии с ГОСТ 14019-80 на машине испытательной универсальной ЦД-40 (зав. № 282/74/24, свидетельство о поверке № АБ 0023986, действительно до 29 января 2020г.). Образцы при испытании располагали внутренней и наружной стороной шпунта в растягивающей зоне.

Результаты испытаний приведены в таблице 4.3.1. Образцы, выдержали изгиб до угла 180° без появления расслоений и трещин. Внешний вид образцов после испытаний показан на рисунках 4.3.1, 4.3.2.

Таблица 4.1 - Результаты испытания на статический изгиб

№ п/п	Тип профиля	Условный номер образца	Диаметр оправки, D, мм (D=2α)	Угол изгиба, град.	Выявленные дефекты
1	Шпунт SPU-VL (усл. №1-1)	1В1	50	180 <sup>0</sup>	Трещин нет
		1В2	50	180 <sup>0</sup>	Трещин нет
2	Шпунт SPU-VL (усл. №1-2)	2В1	50	180 <sup>0</sup>	Трещин нет
		2В2	50	180 <sup>0</sup>	Трещин нет
3	Шпунт SPU-IIIIVV (усл. №2-3)	3В1	25	180 <sup>0</sup>	Трещин нет
		3В2	25	180 <sup>0</sup>	Трещин нет
4	Шпунт SPU-IIIIVV (усл. №2-4)	4В1	25	180 <sup>0</sup>	Трещин нет
		4В2	25	180 <sup>0</sup>	Трещин нет
5	Шпунт ZU18 (усл. №3-5)	5В1	20	180 <sup>0</sup>	Трещин нет
		5В2	20	180 <sup>0</sup>	Трещин нет

*Примечание:* образцы изгибали в двух противоположных направлениях; В – образцы располагали вдоль линии изгиба.

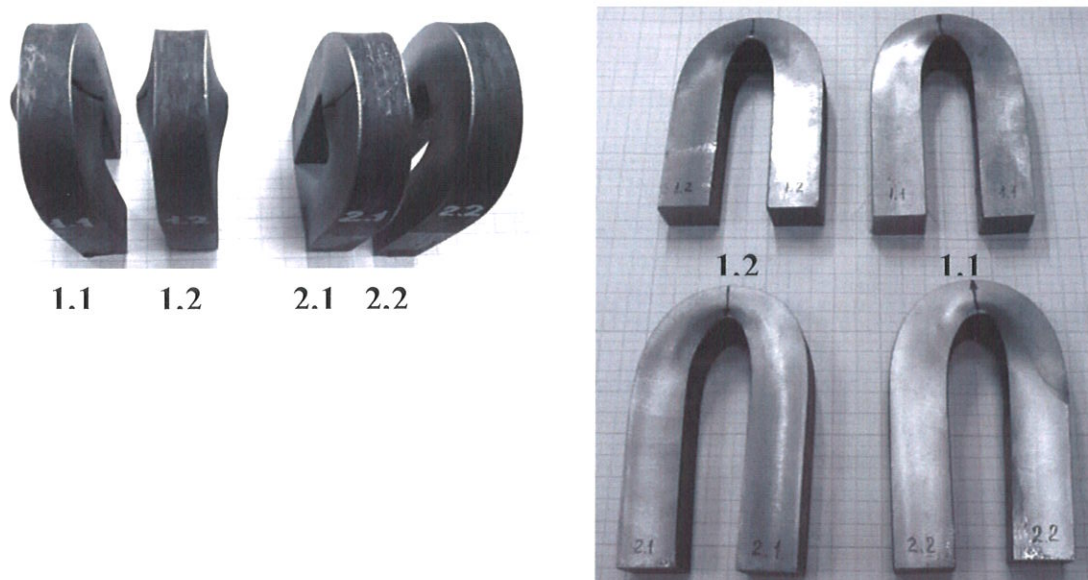


Рисунок 4.1- Внешний вид образцов из шпунтов SPU-VL после испытания на изгиб

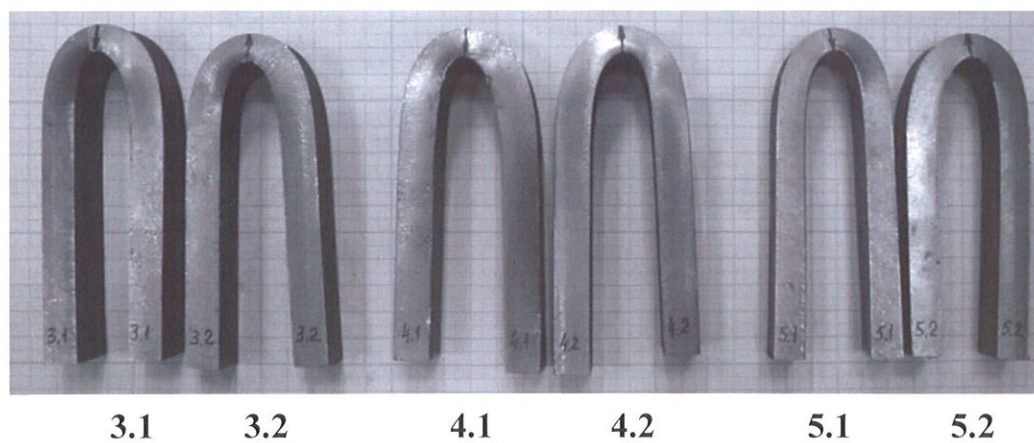
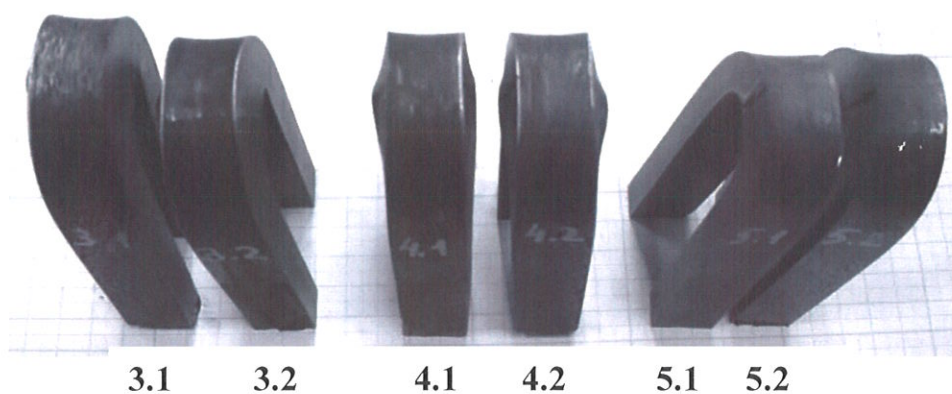


Рисунок 4.2- Внешний вид образцов из шпунтов SPU-III-VV и Шпунт ZU18 после испытания на изгиб

## 5 Результаты испытаний на ударный изгиб

Материал шпунтов должен обладать достаточной ударной вязкостью, чтобы предотвратить хрупкое разрушение при наименьшей температуре эксплуатации, в пределах намеченного срока службы конструкции.

В соответствии с требованиями EN 1993-5-2007 (п.3.9) для шпунтов с толщиной стенки до 25 мм нормируется значение работы удара:  $KV \geq 27$  Дж (соответственно, ударная вязкость:  $KCV \geq 34$  Дж/см<sup>2</sup>). Температура испытания образцов с V-образным надрезом ( $T_{KV27}^{\circ C}$ ) нормируется в зависимости от класса прочности стали, из которой изготовлены шпунты (таблица 5.1.0).

Таблица 5.1 - Температура испытания на ударный изгиб

Предел текучести, МПа		240	275	320	355	390	430
Температура испытания ( $T_{KV27}^{\circ C}$ )	Для т-ры эксплуатации $T \geq -15^{\circ C}$	35	35	35	15	15	15
	Для т-ры эксплуатации $T \geq -30^{\circ C}$	20	20	20	0	0	0

В соответствии с ГОСТ 19281-2014 показатели ударной вязкости фасонного проката из низколегированных сталей нормируются в зависимости от их класса прочности (таблица 5.2).

Таблица 5.2 - Нормируемые показатели ударной вязкости фасонного проката по ГОСТ 19281-2014.

Класс прочности	Толщины, мм	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>			
		KCU		KCV	После мех. старения, +20°C
		-40°C	-20°C	0°C	
<b>295</b>	<b>св. 20 до 30 вкл.</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>+</b>	<b>29</b>
<b>375</b>	<b>св. 10 до 20 вкл.</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>+</b>	<b>29</b>
<b>390</b>	<b>св. 10 до 20 мм</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>+</b>	<b>29</b>
<b>440</b>	<b>св. 10 до 20 вкл.</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>29</b>

*Примечание: Знак «+» означает, что результаты испытаний указываются в документе о качестве*

Требования, ГОСТ 19281-2014 к продукции с испытаниями на ударный изгиб в соответствии с категориями:

- 7 категория  $KCV^{0}$ ;
- 10 категория  $KCU^{-20}$  + мех старение;
- 12 категория  $KCU^{-40}$  + мех старение/

Испытания на ударный изгиб проведены на маятниковом копре МК-30 (зав. № 406/14, свидетельство о поверке № 278502, действительно до 05.04.2019 г.). Контроль температуры испытаний осуществляли термометром для измерения низких температур ТЛ-15 (зав. № 691, свидетельство о поверке № 6857, действительно до 12.03.2020 г.). Измерение образцов производили штангенциркулем ШЦ-1(0-125), цена деления 0,1мм, КТ2, (зав. № 447307, свидетельство о поверке № АБ 0025382, действительно до 11 февраля 2020 г.).

Для некоторых шпунтов образцы для испытаний располагали в двух направлениях: вдоль и поперек фрагментов шпунтов, в таких случаях условное обозначение образцов: в - вдоль, п - поперек.

### 5.1 Результаты испытаний на ударный изгиб шпунта ZZ46-700 из стали S430GP

В соответствии с требованиями EN 1993-5-2007 для шпунтов с пределом текучести 430 МПа и толщиной стенки до 25 мм нормируется значение работы удара:  $KV \geq 27$  Дж (ударной вязкости  $KCV \geq 34$  Дж/см<sup>2</sup>) при температуре 0°C (при минимальной температуре эксплуатации до минус 30°C).

Испытания на ударный изгиб проводили на продольных образцах: с V-образным надрезом (тип 11, с U-образным надрезом (тип 1) по ГОСТ 9454-78) и после механического старения. Результаты испытаний приведены в таблице 5.1.1.

Таблица 5.1.1.- Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>ZZ46-700 S430 GP</b>	1-16	0,80	-20	14	18	0
	1-20	0,80	-20	24	30	0
	2-16	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>55</b>	<b>0</b>
	2-20	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>46</b>	<b>58</b>	<b>5</b>
	3-16	0,80	20	59	74	22
	3-20	0,80	20	53	66	25

## ЦНИИПСК им. Мельникова

По ударной вязкости KCV при температуре испытания 0°C шпунт ZZ46-700 удовлетворяет требованиям, предъявляемым EN 1993-5:2007 к материалу шпунтов с пределом текучести 430 МПа ( $KCV^0 \geq 34$  Дж/см<sup>2</sup>).

Результаты испытания образцов с U-образным надрезом (тип 1 по ГОСТ 9454-78) приведены в таблице 5.1.2; результаты испытания образцов после механического старения - в таблице 5.1.3.

Таблица 5.1.2 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара КУ, Дж	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>ZZ46-700</b>	4-16	0,80	-70	5	6	0
	4-20	0,80	-70	9	11	0
<b>S430 GP</b>	<b>5-16</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>84</b>	<b>105</b>	<b>10</b>
	<b>6-16</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>91</b>	<b>114</b>	<b>12</b>
	<b>5-20</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>74</b>	<b>93</b>	<b>5</b>

Таблица 5.1.3 - Результаты испытаний образцов после механического старения по ГОСТ 9454-78

Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара после мех. старен КУ, Дж	Ударная вязкость после мех. старен. KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>7-16</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>112</b>	<b>140</b>	<b>25</b>
<b>8-16</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>116</b>	<b>145</b>	<b>30</b>

По ударной вязкости KCU шпунт ZZ46-700 удовлетворяет требованиям, предъявляемым ГОСТ 19281-89 к фасонному прокату 440 класса прочности 12 категории ( $KCU^{-40} \geq 93$  Дж/см<sup>2</sup>).

5.1.1 Результаты испытаний на ударный изгиб шпунта ZZ46-700 после дополнительной термообработки (нормализации).

Проведены дополнительные испытания образцов с V-образным надрезом, изготовленных из шпунта ZZ46-700 после проведения нормализации по режиму нагрев до 960°C, выдержка 1 час. Результаты приведены в таблице 5.1.4.

Таблица 5.1.4 - Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78 после нормализации

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
9-16	0,80	-40	63	79	5
10-16	0,80	-40	33	41	3
11-16	0,80	-20	85	106	15
12-16	0,80	-20	64	79	12

После проведения термообработки фрагмента шпунта ZZ46-700 сопротивление хрупкому разрушению существенно повысилось.

Ударная вязкость при температуре испытания минус 40°С образцов из шпунта ZZ46-700 после нормализации составила 79 Дж/см<sup>2</sup> и 41 Дж/см<sup>2</sup>.

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**5.2 Результаты испытаний на ударный изгиб шпунтов SPU IV, SPU IVVV, ZU25-750, ZZ26-700, ZZ50-700**

**5.2.1 Результаты испытаний шпунта SPU IV**

Таблица 5.2.1 - Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<b>SPU IV</b>  <b>S355 GP</b>	1в3	0,80	-20	9	11	0
	1в4	0,80	-20	8	10	0
	<b>1в5</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>5</b>
	<b>1в6</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>5</b>
	1в2	0,80	20	54	67	15
	1п3	0,80	-20	7	9	0
	1п4	0,80	-20	6	8	0
	1п5	0,80	0	25	31	7
	1п6	0,80	0	11	14	5
	1п2	0,80	20	35	44	22

Таблица 5.2.2 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>SPU IV</b>  <b>S355 GP</b>	1в9	0,80	-40	7	9	0
	1в10	0,80	-40	11	14	0
	<b>1в7</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>65</b>	<b>81</b>	<b>5</b>
	<b>1в8</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>74</b>	<b>93</b>	<b>7</b>
	1в11	0,80	0	79	99	10
	1п7	0,80	-40	7	9	0
	1п8	0,80	-40	8	10	0
	1п9	0,80	-20	23	29	0
	1п10	0,80	-20	39	49	3
	1п11	0,80	0	29	36	5

Таблица 5.2.3 - Результаты испытаний образцов после механического старения

Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	После механического старения		Доля волокна в изломе, %
			Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость KCU, Дж/см <sup>2</sup>	
<b>1с1</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>96</b>	<b>120</b>	<b>15</b>
<b>1с2</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>96</b>	<b>120</b>	<b>15</b>



**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**5.2.2 Результаты испытаний шпунта SPU IVVV**

Таблица 5.2.4 - Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>SPU IVVV</b>	2в1	0,80	-40	8	10	0
	2в2	0,80	-40	18	23	0
<b>S355 GP</b>	2в3	0,80	-20	31	39	6
	2в4	0,80	-20	31	39	3
	<b>2в5</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>56</b>	<b>12</b>
	<b>2в6</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>41</b>	<b>12</b>
	2п3	0,80	-20	9	11	0
	2п4	0,80	-20	10	13	0
	2п5	0,80	0	12	15	3
	2п6	0,80	0	21	26	7
	2п2	0,80	20	32	40	35

Таблица 5.2.5 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>SPU IVVV</b>	<b>2в7</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>74</b>	<b>93</b>	<b>13</b>
	<b>2в8</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>76</b>	<b>95</b>	<b>13</b>
<b>S355 GP</b>	2в9	0,80	-20	80	101	18
	2в10	0,80	-20	104	131	25
	2в11	0,80	0	92	115	25
	1п7	0,80	-40	20	25	0
	1п8	0,80	-40	65	81	5
	1п9	0,80	-20	20	25	0
	1п10	0,80	-20	44	55	3
	1п11	0,80	0	64	80	12

Таблица 5.2.6 - Результаты испытаний образцов после механического старения

Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	После механического старения		Доля волокна в изломе, %
			Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость KCU, Дж/см <sup>2</sup>	
<b>2с1</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>99</b>	<b>124</b>	<b>40</b>
<b>2с2</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>82</b>	<b>103</b>	<b>30</b>

**5.2.3 Результаты испытаний шпунта ZU25-750**

## ЦНИИПСК им. Мельникова

Таблица 5.2.7 - Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара КV, Дж	Ударная вязкость, КСV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>ZU25-750</b>	Зв3	0,80	-20	8	10	0
	Зв4	0,80	-20	10	13	3
<b>S390 GP</b>	<b>Зв5</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>31</b>	<b>39</b>	<b>15</b>
	<b>Зв6</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>12</b>
	Зв2	0,80	20	51	64	25
	Зп3	0,80	-20	14	18	0
	Зп4	0,80	-20	11	14	0
	Зп5	0,80	0	20	25	15
	Зп6	0,80	0	23	29	20
	Зп2	0,80	20	29	36	30

Таблица 5.2.8 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара КУ, Дж	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>ZU25-750</b>	<b>Зп7</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>47</b>	<b>59</b>	<b>5</b>
	<b>Зп8</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>33</b>	<b>41</b>	<b>0</b>
<b>S390 GP</b>	Зп9	0,80	-20	36	45	3
	Зп10	0,80	-20	45	56	3
	Зв11	0,80	0	63	79	8
	Зв7	0,80	-40	55	69	3
	Зв8	0,80	-40	5	6	0
	Зв9	0,80	-20	21	26	0
	Зв10	0,80	-20	92	115	20
	Зп11	0,80	0	50	63	15

Таблица 5.2.9 - Результаты испытаний образцов после механического старения

Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	После механического старения		Доля волокна в изломе, %
			Работа удара КУ, Дж	Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
<b>Зс1</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>92</b>	<b>115</b>	<b>30</b>
<b>Зс2</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>96</b>	<b>120</b>	<b>40</b>

## ЦНИИПСК им. Мельникова

## 5.2.4 Результаты испытаний шпунта ZZ26-700

Таблица 5.2.10 - Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара КV, Дж	Ударная вязкость, КСV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>ZZ26-700</b>	4В1	0,80	-40	27	34	2
	4В2	0,80	-40	13	16	0
<b>S355 GP</b>	4В3	0,80	-20	49	61	5
	4В4	0,80	-20	37	46	3
	<b>4В5</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>88</b>	<b>110</b>	<b>40</b>
	<b>4В6</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>70</b>	<b>88</b>	<b>25</b>
	3п1	0,80	-40	11	14	0
	3п2	0,80	-40	32	40	0
	3п3	0,80	-20	53	66	8
	3п4	0,80	-20	34	43	0
	3п5	0,80	0	45	56	8
	3п6	0,80	0	31	39	8

Таблица 5.2.11 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара КУ, Дж	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>ZZ26-700</b>	<b>4В7</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>90</b>	<b>113</b>	<b>10</b>
	<b>4В8</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>106</b>	<b>133</b>	<b>28</b>
<b>S355 GP</b>	4В9	0,80	-20	118	147	25
	4В11	0,80	-20	110	138	20
	4В10	0,80	0	144	180	50
	4П7	0,80	-40	70	88	8
	4П8	0,80	-40	74	93	10
	4П9	0,80	-20	86	108	15
	4П11	0,80	-20	88	110	18
	4П10	0,80	0	101	126	30

Таблица 5.2.12 - Результаты испытаний образцов после механического старения

Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	После механического старения		Доля волокна в изломе, %
			Работа удара КУ, Дж	Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
4с1	0,80	20	96	120	28
4с2	0,80	20	107	134	45

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**5.2.5 Результаты испытаний шпунта ZZ50-700**

Таблица 5.2.13 - Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара КV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>ZZ50-700</b>	5в3	0,80	-20	8	10	0
	5в4	0,80	-20	6	8	0
	<b>5в5</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>3</b>
	<b>5в6</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
<b>S430 GP</b>	5в2	0,80	20	36	45	25
	5п1	0,80	-20	7	9	0
	5п2	0,80	-20	5	6	0
	5п3	0,80	0	10	13	0
	5п4	0,80	0	9	11	5
	5п5	0,80	20	26	33	20

Таблица 5.2.14 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара КУ, Дж	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Доля волокна в изломе, %
<b>ZZ50-700</b>	5в7	0,80	-40	10	13	0
	5в8	0,80	-40	5	6	0
	<b>5в9</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>25</b>	<b>32</b>	<b>0</b>
<b>S430 GP</b>	<b>5в10</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
	5в11	0,80	0	36	45	3
	5п7	0,80	-40	6	8	0
	5п8	0,80	-40	22	28	0
	5п9	0,80	-20	14	18	0
	5п10	0,80	-20	9	11	0
	5п11	0,80	0	10	13	3

Таблица 5.2.15 - Результаты испытаний образцов после механического старения

Условный № образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	После механического старения		Доля волокна в изломе, %
			Работа удара КУ, Дж	Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
<b>5с1</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>78</b>	<b>98</b>	<b>30</b>
<b>5с2</b>	<b>0,80</b>	<b>20</b>	<b>81</b>	<b>101</b>	<b>30</b>

### ЦНИИПСК им. Мельникова

В таблице 5.2.16 приведены сведения о соответствии значений ударной вязкости исследованных шпунтов требованиям нормативным документам.

Таблица 5.2.16

№ п/п	Тип профиля	Марка стали	Требования*	
			EN 1993-5:2007	ГОСТ 18281-2014
1	<b>SPU IV</b>	<b>S355GP</b>	Не Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 10 категория
2	<b>SPU IVVV</b>	<b>S355GP</b>	Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
3	<b>ZU25-750</b>	<b>S390GP</b>	Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
4	<b>ZZ26-700</b>	<b>S355GP</b>	Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
5	<b>ZZ50-700</b>	<b>S430GP</b>	Не удовлетворяет	$KCU^0 = 45 \text{ Дж/см}^2$ ; ККУ после мех. старения $\geq 98 \text{ Дж/см}^2$

\*По стандартам JIS A5528, BS EN 10248-1:1995 ударная вязкость для стальных шпунтовых свай не нормируется

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**5.3 Результаты испытаний на ударный изгиб шпунтов SPU-VL, SPU-ШVV, ZU18, SWP-12,5**

**5.3.1 Результаты испытаний шпунта SPU-VL (усл. №1-1)**

Таблица 5.3.1- Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SPU-VL</b> №1-1	1в9	0,80	-40	4	5	0
	1в10	0,80	-40	15	19	0
<b>SY295</b>	1в11	0,80	-20	32	40	0
	1в12	0,80	-20	25	31	0
	<b>1в13</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>64</b>	<b>3</b>
	1в14	0,80	20	47	59	18
	1п9	0,80	-40	5	6	0
	1п10	0,80	-40	21	26	0
	1п11	0,80	-20	16	20	0
	1п12	0,80	-20	25	31	0
	1п13	0,80	0	49	61	3
	1п14	0,80	20	88	110	25

Таблица 5.3.2 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SPU-VL</b> №1-1	<b>1в1</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>79</b>	<b>99</b>	<b>8</b>
	<b>1в2</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>84</b>	<b>105</b>	<b>5</b>
<b>SY295</b>	1в3	0,80	-20	89	111	8
	1в4	0,80	-20	100	125	10
	1в5	0,80	0	130	163	35
	1в6	0,80	20	141	176	50
	1п1	0,80	-40	76	95	10
	1п2	0,80	-40	12	15	0
	1п5	0,80	-40	47	59	3
	1п3	0,80	-20	92	115	8
	1п4	0,80	-20	26	33	0
	1п6	0,80	0	122	153	25
	1п7	0,80	20	137	171	40

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**5.3.2 Результаты испытаний шпунта SPU-VL (усл. №1-2)**

Таблица 5.3.3 - Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SPU-VL</b> №1-2	2п9	0,80	-40	23	29	0
	2п10	0,80	-40	8	10	0
<b>SY295</b>	2п11	0,80	-20	16	20	0
	2п12	0,80	-20	39	49	3
	<b>2п13</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>53</b>	<b>66</b>	<b>20</b>
	2п14	0,80	20	95	119	45
	2в9	0,80	-40	4	5	0
	2в10	0,80	-40	8	10	0
	2в11	0,80	-20	8	10	0
	2в12	0,80	-20	7	9	0
	2в13	0,80	0	14	18	0
	2в14	0,80	20	93	116	33

Таблица 5.3.4 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SPU-VL</b> №1-2	<b>2в1</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>78</b>	<b>98</b>	<b>5</b>
	<b>2в2</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>86</b>	<b>108</b>	<b>5</b>
<b>SY295</b>	2в5	0,80	-40	122	153	30
	2в3	0,80	-20	100	125	20
	2в4	0,80	-20	104	130	15
	2в6	0,80	0	151	189	55
	2п1	0,80	-40	8	10	0
	2п2	0,80	-40	10	13	0
	2п3	0,80	-20	95	119	20
	2п4	0,80	-20	86	108	15
	2п5	0,80	0	21	26	0
	2п6	0,80	20	20	25	10
	2п7	0,80	20	129	161	45

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**5.3.3 Результаты испытаний шпунта SPU-ШВВ (усл. №2-3)**

Таблица 5.3.5 - Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SPU- ШВВ №2-3</b>	ЗВ9	0,80	-40	7	9	0
	ЗВ10	0,80	-40	11	14	0
	ЗВ11	0,80	-20	10	13	0
	ЗВ12	0,80	-20	8	10	0
<b>SY390</b>	<b>ЗВ14</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>10</b>
	ЗВ13	0,80	20	61	76	40
	ЗП9	0,80	-40	8	10	0
	ЗП10	0,80	-40	6	8	0
	ЗП11	0,80	-20	10	13	0
	ЗП12	0,80	-20	7	9	0
	ЗП14	0,80	0	12	15	7
	ЗП13	0,80	20	42	53	12

Таблица 5.3.6 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SPU- ШВВ №2-3</b>	ЗВ1	0,80	-40	45	56	3
	ЗВ2	0,80	-40	15	19	0
	<b>ЗВ3</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>72</b>	<b>90</b>	<b>5</b>
	<b>ЗВ4</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>3</b>
<b>SY390</b>	ЗВ6	0,80	0	84	105	15
	ЗВ5	0,80	20	123	154	50
	ЗП1	0,80	-40	17	21	0
	ЗП2	0,80	-40	14	18	0
	ЗП3	0,80	-20	78	98	5
	ЗП4	0,80	-20	83	104	5
	ЗП6	0,80	0	72	90	10
	ЗП5	0,80	20	71	89	40



**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**5.3.4 Результаты испытаний шпунта SPU-III VVV (усл. №2-4)**

Таблица 5.3.7 - Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SPU- III VV №2-4</b>	4В9	0,80	-40	4	5	0
	4В10	0,80	-40	8	10	0
	4В12	0,80	-20	11	14	0
	4В13	0,80	-20	24	30	0
<b>SY390</b>	<b>4В14</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>5</b>
	4В11	0,80	20	61	76	25
	4П9	0,80	-40	10	13	0
	4П10	0,80	-40	5	6	0
	4П12	0,80	-20	6	8	0
	4П13	0,80	-20	7	9	0
	4П14	0,80	0	14	18	5
	4П11	0,80	20	55	69	25

Таблица 5.3.8- Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SPU- III VV №2-4</b>	4В1	0,80	-40	16	20	0
	4В2	0,80	-40	13	16	0
	<b>4В4</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>3</b>
	<b>4В5</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>84</b>	<b>105</b>	<b>12</b>
<b>SY390</b>	4В6	0,80	0	73	91	15
	4В3	0,80	20	93	116	40
	4П1	0,80	-40	11	14	0
	4П2	0,80	-40	31	39	0
	4П4	0,80	-20	11	14	0
	4П5	0,80	-20	49	61	3
	4П6	0,80	0	95	119	20
	4П3	0,80	20	104	130	40

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**5.3.5 Результаты испытаний шпунта ZU18**

Таблица 5.3.9- Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>ZU18</b>  <b>S355</b> <b>GP</b>	5В9	0,80	-40	10	13	0
	5В10	0,80	-40	10	13	0
	5В11	0,80	-20	18	23	5
	5В12	0,80	-20	19	24	5
	<b>5В14</b>	<b>0,80</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>46</b>	<b>18</b>
	5В13	0,80	20	58	73	50
	5П9	0,80	-40	8	10	0
	5П10	0,80	-40	7	9	0
	5П11	0,80	-20	12	15	5
	5П12	0,80	-20	14	18	7
	5П14	0,80	0	25	31	25
	5П13	0,80	20	36	45	70

Таблица 5.3.10 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>ZU18</b>  <b>S355</b> <b>GP</b>	<b>5В1</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>65</b>	<b>81</b>	<b>5</b>
	<b>5В2</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>65</b>	<b>81</b>	<b>5</b>
	5В3	0,80	-20	80	100	18
	5В4	0,80	-20	76	95	12
	5В6	0,80	0	83	104	30
	5В5	0,80	20	103	129	50
	5П1	0,80	-40	43	54	3
	5П2	0,80	-40	44	55	3
	5П3	0,80	-20	41	51	5
	5П4	0,80	-20	51	64	7
	5П6	0,80	0	47	59	20
	5П5	0,80	20	72	90	65

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

**5.3.6 Результаты испытаний шпунта SWP-12,5**

Таблица 5.3.11- Результаты испытаний образцов тип 11 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KV, Дж	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SWP-12,5 S355GP</b>	<b>6в3</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>5</b>
	<b>6в4</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>33</b>	<b>41</b>	<b>25</b>

Таблица 5.3.12 - Результаты испытаний образцов тип 1 по ГОСТ 9454-78

Тип шпунта, марка стали	№ образца	Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>	Температура испытаний, °С	Работа удара KU, Дж	Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Доля вязкой составляющей в изломе
<b>SWP-12,5 S355GP</b>	<b>6в1</b>	<b>0,80</b>	<b>-40</b>	<b>77</b>	<b>96</b>	<b>5</b>
	<b>6в2</b>	<b>0,80</b>	<b>-20</b>	<b>74</b>	<b>93</b>	<b>23</b>

В таблице 5.3.13 приведены сведения о соответствии значений ударной вязкости исследованных шпунтов требованиям нормативным документам.

Таблица 5.3.13

№ п/п	Тип профиля	Марка стали	Усл. № шпунта	Требования*	
				EN 1993-5:2007	ГОСТ 19281-2014
1	<b>SPU-VL</b>	<b>SY 295</b>	1-1	Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
			1-2	Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
2	<b>SPU-III VV</b>	<b>SY 390</b>	2-3	Не удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 10 категория
			2-4	Не удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 10 категория
3	<b>ZU18</b>	<b>S355GP</b>	5	Удовлетворяют	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
4	<b>SWP-12,5</b>	<b>S355GP</b>	6	Удовлетворяют	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория

\*По стандартам JIS A5528, BS EN 10248-1:1995 ударная вязкость для стальных шпунтовых свай не нормируется

**ВЫВОДЫ**

В результате проведенных исследований по определению основных физико-механических характеристик шпунтов импортного производства в соответствии договором №70-804 от 27 февраля 2019 г. установлено:

1. **Химический состав** исследованных шпунтов соответствует маркам стали европейского (EN 10248-1:1995) или японского (JIS A5528) стандартов, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Тип профиля	Марка стали	Стандарт
1	<b>ZZ46-700</b>	<b>S430GP</b>	<b>EN 10248-1:1995</b>
2	<b>SPU IV</b>	<b>S355GP</b>	<b>EN 10248-1:1995</b>
3	<b>SPU IVVV</b>	<b>S355GP</b>	
4	<b>ZU25-750</b>	<b>S390GP</b>	<b>EN 10248-1:1995</b>
5	<b>ZZ26-700</b>	<b>S355GP</b>	<b>EN 10248-1:1995</b>
6	<b>ZZ50-700</b>	<b>S430GP</b>	<b>EN 10248-1:1995</b>
7	<b>SPU-VL</b>	<b>SY 295</b>	<b>JIS A5528</b>
8	<b>SPU-III VV</b>	<b>SY 390</b>	<b>JIS A5528</b>
9	<b>ZU18</b>	<b>S355GP</b>	<b>EN 10248-1:1995</b>
10	<b>SWP-12,5</b>	<b>S355GP</b>	

2. Значения углеродного эквивалента для материалов шпунтов, рассчитанные в соответствии с EN 10248-1:1995 и ГОСТ 19281-2014 приведены в таблице 2.

**ЦНИИПСК им. Мельникова**

Таблица 2 - Значения углеродного эквивалента металла шпунтов

№	Тип профиля	Марка стали	Углеродный эквивалент	
			CEV по EN 10248-1:1995	Сэкв по ГОСТ 19281-2014
1	<b>ZZ46-700</b>	S430GP	0,49	0,51
2	<b>SPU IV</b>	S355GP	0,49	0,51
3	<b>SPU IVVV</b>	S355GP	0,48	0,51
4	<b>ZU25-750</b>	S390GP	0,51	0,53
5	<b>ZZ26-700</b>	S355GP	0,44	0,46
6	<b>ZZ50-700</b>	S430GP	0,49	0,51
7	<b>SPU-VL</b>	SY295	0,43	0,46
8	<b>SPU-IIIIVV</b>	SY390	0,51	0,52
9	<b>ZU18</b>	S355GP	0,49	0,52
10	<b>SWP-12,5</b>	S355GP	0,40	0,42

3. Механические характеристики при статическом растяжении исследованных шпунтов соответствуют требованиям, предъявляемым европейским или японским стандартами к горячедеформированным шпунтам из сталей **SY 295, S355GP, SY 390, S390GP, S430GP**, а также соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ 19281-2014 к фасонному прокату из низколегированных сталей классов прочности **295, 355, 390, 440** (таблица 3)

Таблица 3

№ п/п	Тип профиля	Марка стали	Временное сопротивление $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел текучести $\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %
1	2	3	4	5	6	7
1	<b>ZZ46-700</b>	<b>S430GP</b>	<b>≥719</b>	<b>≥488</b>	<b>≥23,0</b>	<b>≥67,0</b>
2	<b>SPU IV</b>	<b>S355GP</b>	<b>≥617</b>	<b>≥361</b>	<b>≥26,5</b>	<b>≥64,5</b>
3	<b>SPU IVVV</b>	<b>S355GP</b>	<b>≥625</b>	<b>≥382</b>	<b>≥26,5</b>	<b>≥61,4</b>
4	<b>ZU25-750</b>	<b>S390GP</b>	<b>≥652</b>	<b>≥409</b>	<b>≥28,1</b>	<b>≥64,0</b>
5	<b>ZZ26-700</b>	<b>S355GP</b>	<b>≥593</b>	<b>≥378</b>	<b>≥31,4</b>	<b>≥70,2</b>

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

## ЦНИИПСК им. Мельникова

6	<b>ZZ50-700</b>	<b>S430GP</b>	<b>≥695</b>	<b>≥497</b>	<b>≥24,5</b>	<b>≥60,2</b>
7	<b>SPU-VL</b>	<b>SY 295</b>	<b>≥592</b>	<b>≥338</b>	<b>≥29,7</b>	<b>≥71,1</b>
8	<b>SPU-III VV</b>	<b>SY 390</b>	<b>≥656</b>	<b>≥407</b>	<b>≥23,6</b>	<b>≥59,0</b>
9	<b>ZU18</b>	<b>S355GP</b>	<b>≥601</b>	<b>≥392</b>	<b>≥29,4</b>	<b>≥65,3</b>
10	<b>SWP-12,5</b>	<b>S355GP</b>	<b>543</b>	<b>380</b>	<b>30,1</b>	<b>66,0</b>
Требования EN 10248-1:1995						
	<b>S355GP</b>		<b>≥480</b>	<b>≥355</b>	<b>≥22</b>	<b>-</b>
	<b>S390GP</b>		<b>≥490</b>	<b>≥390</b>	<b>≥20</b>	<b>-</b>
	<b>S430GP</b>		<b>≥510</b>	<b>≥430</b>	<b>≥19</b>	<b>-</b>
Требования JIS A5528						
	<b>SY 295</b>		<b>≥490</b>	<b>≥295</b>	<b>≥17</b>	<b>-</b>
	<b>SY 390</b>		<b>≥540</b>	<b>≥390</b>	<b>≥15</b>	<b>-</b>
Требования ГОСТ 19281-2014 к фасонному прокату						
	Класс прочности 295		<b>≥430</b>	<b>≥295</b>	<b>≥21</b>	<b>-</b>
	Класс прочности 355		<b>≥480</b>	<b>≥355</b>	<b>≥21</b>	<b>-</b>
	Класс прочности 390		<b>≥530</b>	<b>≥390</b>	<b>≥19</b>	<b>-</b>
	Класс прочности 440		<b>≥590</b>	<b>≥440</b>	<b>≥19</b>	<b>-</b>

4. При испытании на статический изгиб на угол  $180^{\circ}$  образцы, изготовленные из шпунтов: **ZZ 46-700**, **SPU IV**, **SPU IVVV**, **ZU25-750**, **ZZ26-700**, **ZZ50-700**, **SPU-VL**, **SPU-III VV**, **ZU18**, **SWP-12,5** выдержали изгиб до угла  $180^{\circ}$  без появления расслоений и трещин.

5. По результатам испытания на динамический изгиб определены значения ударной вязкости (KCV) при температурах, нормированных EN 1993-5:2007, а также значения ударной вязкости (KCU) с определением категории фасонного проката по ГОСТ 19281-2014 (таблица 4).

## ЦНИИПСК им. Мельникова

Таблица 4

№ п/п	Тип профиля	Марка стали	Требования	
			EN 1993-5:2007	ГОСТ 18281-2014
1	<b>ZZ46-700</b>	<b>S430GP</b>	Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
2	<b>SPU IV</b>	<b>S355GP</b>	Не удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 10 категория
3	<b>SPU IVVV</b>	<b>S355GP</b>	Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
4	<b>ZU25-750</b>	<b>S390GP</b>	Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
5	<b>ZZ26-700</b>	<b>S355GP</b>	Удовлетворяет	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
6	<b>ZZ50-700</b>	<b>S430GP</b>	Не удовлетворяет	$KCU^0 = 45 \text{ Дж/см}^2$ ; КСУ после мех. старения $\geq 98 \text{ Дж/см}^2$
7	<b>SPU-VL</b>	<b>SY 295</b>	Удовлетворяет*	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
8	<b>SPU-IIIIVV</b>	<b>SY 390</b>	Не удовлетворяет*	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 10 категория
9	<b>ZU18</b>	<b>S355GP</b>	Удовлетворяют	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория
10	<b>SWP-12,5</b>	<b>S355GP</b>	Удовлетворяют	Удовлетворяет требованиям к фасонному прокату 12 категория

6. По результатам испытание замков на прочность сцепления установлены значения разрушающего напряжения (таблица 5). Требования на испытание места соединения на растяжение НД не накладываются.

## ЦНИИПСК им. Мельникова

Таблица 5

№ п/п	Тип профиля	Марка стали	Разрушающее напряжение $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup>	Зона разрушения
1	<b>ZZ46-700</b>	<b>S430GP</b>	125, 134, 126, ср.128	В зоне захвата, толщиной 10 мм
2	<b>SPU IV</b>	<b>S355GP</b>	75, 75, ср.75	Деформация замка
3	<b>SPU IVVV</b>	<b>S355GP</b>	81, 74, ср.78	Деформация замка, трещины
4	<b>ZU25-750</b>	<b>S390GP</b>	83, 83, ср.83	Деформация замка, трещины
5	<b>ZZ26-700</b>	<b>S355GP</b>	87, 98, ср.98	Деформация замка, трещины
6	<b>ZZ50-700</b>	<b>S430GP</b>	99, 100, ср.100	Деформация замка, трещины
7	<b>SPU-VL</b>	<b>SY 295</b>	1 шпунт 94, 87, ср.91 2 шпунт 112, 113, ср.113	
8	<b>SPU-III VV</b>	<b>SY 390</b>	1 шпунт 109, 115, ср.112 2 шпунт 111, 110, ср.111	Деформация замка, трещины
9	<b>ZU18</b>	<b>S355GP</b>	91, 91, ср.91	Деформация, полное разрушение образца
10	<b>SWP-12,5</b>	<b>S355GP</b>	520, 513, ср.517	Выход замков из зацепления в результате смятия губок замка

8. Исследованная продукция производства Anshan Zizhu (шпунт Z профиля типа ZZ, шпунт корытный типов ZU и SPU, шпунт плоский SWP), изготовленная из импортных сталей SY 295, S355GP, SY 390, S390GP, S430GP, по комплексу физико-механических свойств соответствует требованиям, предъявляемым ГОСТ 19281-2014 к фасонному прокату из низколегированных сталей классов прочности 295, 355, 390, 440. Вся линейка шпунтовых профилей производства Anshan Zizhu, представленная в таблицах 1.2-1.4, может быть использована в качестве материала ограждающих конструкций на территории Российской Федерации.