

## НАЗНАЧЕНИЕ

Подогреватели низкого давления предназначены для подогрева питательной воды в системах регенерации стационарных паровых турбин тепловых электростанций.

## УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП РАБОТЫ

Подогреватель низкого давления представляет собой кожухотрубный теплообменник вертикального типа, основными узлами которого являются: корпус, трубная система, водяная камера.

Сборка узлов осуществляется с помощью фланцевого соединения, обеспечивающего возможность их профилактического осмотра и ремонта.

Корпус подогревателя состоит из цилиндрической обечайки, эллиптического днища и фланца для соединения с трубной системой и водяной камерой.

Трубная система состоит из трубной доски, каркаса, U-образных теплообменных труб, концы которых развальцованы в трубной доске.

Каркас трубной системы образуют: каркасные стойки (швеллеры и трубы), поперечные сегментные перегородки, направляющие поток пара и служащие промежуточными опорами для теплообменных труб, паротбойный щит.

На трубной доске предусмотрена установка воздушного клапана для отвода воздуха из корпуса при гидроиспытании и клапана для слива воды из водяной камеры.

Водяная камера состоит из цилиндрической обечайки, эллиптического днища и фланца для соединения с трубной системой и корпусом, патрубков подвода и отвода воды. Внутренний объем камеры разделён перегородками на отсеки, благодаря которым вода совершает необходимое количество ходов.

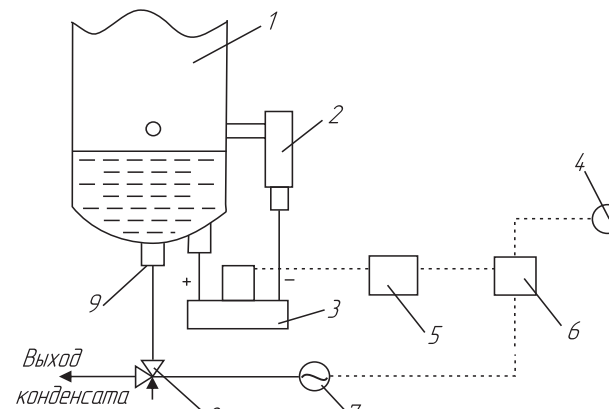
В верхней части днища установлена муфта воздушного клапана для отвода воздуха из трубной системы при гидроиспытании.

Система регенерации низкого давления выполняется преимущественно однопоточной, с нагревом воды в одной группе последовательно расположенных подогревателей низкого давления. Причем в некоторых случаях отдельные ступени регенеративного подогрева могут иметь два аппарата ПН параллельно подсоединенных по питательной воде и греющему пару.

В подогревателе нагреваемая вода движется по теплообменным трубкам, а греющий пар поступает через пароподводящий патрубок в межтрубное пространство.

Конденсат пара стекает в нижнюю часть корпуса и отводится из подогревателя через регулирующий клапан, управляемый электронным автоматическим устройством.

Аппаратура автоматического регулирования уровня конденсата



**Схема регулирования уровня конденсата**

- 1 - подогреватель;
- 2 - конденсатный бакоч (датчик);
- 3 - мембранный дифманометр;
- 4 - указатель;
- 5 - усилитель;
- 6 - колонка дистанционного управления;
- 7 - электродвигатель;
- 8 - регулирующий клапан;
- 9 - патрубок выхода конденсата.

поддерживает нормальный уровень конденсата в корпусе, выпускает избыток конденсата в дренажную сеть и препятствует выходу пара из корпуса.

Накапливающиеся в подогревателе неконденсирующиеся газы отводятся через патрубок на корпусе.

Для контроля температуры воды на входе и выходе, а также греющего пара на входе на патрубках подогревателя предусмотрена установка технических стеклянных термометров прямого и углового исполнения и соответствующего диапазона измерения температуры. Термометры защищены металлическими оправками.

Для контроля давления греющего пара на пароподводящем патрубке подогревателя предусмотрена установка манометра избыточного давления с классом точности и шкалой, соответствующими требованиям Правил Ростехнадзора.

Манометр снабжён сифонной трубкой для предохранения его от непосредственного воздействия пара и трехходовым краном для подсоединения второго манометра.

Для контроля уровня конденсата на корпусе подогревателя предусмотрена установка указателя уровня (водоуказательного стекла), снабжённого запорным устройством клапанного типа, которое обеспечивает отключение от сосуда, продувку указателя и защиту персонала при разрыве водоуказательного стекла.

Водоуказательное стекло дополнительно защищено от повреждений металлическим кожухом.

Выбор не установленных на подогревателе приборов для контроля давления и расхода воды, температуры конденсата пара, а также их месторасположение на трубопроводах определяется Генпроектировщиком.

Подогреватели низкого давления; **Техническое описание.**

Информационно-справочный каталог  
«Теплообменное оборудование для  
тепловых и атомных электростанций» (1)



**Саратовский завод  
энергетического  
машиностроения**

## МОДИФИКАЦИИ

В данном каталоге представлены серийные подогреватели низкого давления, изготавливаемые по ТУ 108.881-79.

В обозначение подогревателя входит:

- буквенное обозначение типа подогревателя;
- полная расчётная величина площади поверхности теплообмена по наружному диаметру и эффективной длине труб;
- рабочее избыточное давление в водяном пространстве;
- рабочее избыточное давление в паровом пространстве;
- модификация подогревателя, обозначенная римской цифрой.

На подогревателях типа ПН 90...ПН-250 и ПН-400 допускается разворот водяных камер по отношению к корпусу на 180°.

Подогреватели типа ПН-350 имеют следующие конструктивные особенности:

наличие кожуха, плотно облегающего трубный пучок снаружи. Нижняя кромка кожуха опущена под уровень воды в корпусе подогревателя ПН-350-16-7-II для предотвращения протечек пара мимо трубного пучка. В подогревателях ПН-350-16-7-I и ПН-350-16-7-III в нижней части корпуса вварен стакан, который вместе с нижней кромкой кожуха образует гидрозатвор:

греющий пар поступает в кольцевое пространство, образованное корпусом и внутренним кожухом, распределяется в нем и затем идет на трубный пучок;

подогреватель ПН-350-16-7-II имеет встроенную зону охлаждения конденсата,

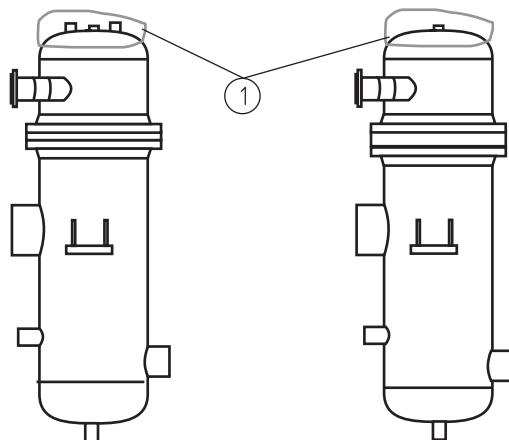


рис. Пример  
подогревателей ПН

1 – исключение анкерных связей;

По желанию заказчика возможно изготовление подогревателей без анкерных связей.

в подогревателе ПН-350-16-7-I часть поверхности нагрева выделена под охладитель пара;

промежуточные направляющие перегородки трубного пучка типа диск-кольцо имеет по периферии бортик, обеспечивающий сбор и накопление на перегородках конденсата греющего пара, который отводится через отверстия в каркасных трубах трубного пучка.

Конструктивной особенностью трубной системы подогревателя ПН-400-26-7-1 является наличие встроенного охладителя пара, заключенного в специальный кожух.

Заводом изготавливаются трубные системы для подогревателей, ранее изготовленных ОАО «Сарэнергомаш». (см. опросный лист на 80 стр.)

## ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ

Подогреватели устанавливаются опорами на заранее подготовленные площадки или балки, выставляются строго по вертикали и закрепляются болтами. Отклонение от вертикальной оси не допускается.

После установки подогревателя, необходимо подсоединить все трубопроводы (разделку кромок присоединяемых патрубков следует производить по ГОСТ 16037-80 тип с17.) и регулирующий клапан с аппаратурой автоматического регулирования уровня конденсата, установить указатель уровня с запорным устройством и контрольно-измерительные приборы. Для подогревателей типа ПН-400 произвести центровку и закрепление трубных систем в корпусе отжимными винтами, для чего завернуть винты до упора в каркас трубных систем, а затем вывернуть их на четверть оборота.

По завершению монтажных работ провести наружный осмотр и гидравлическое испытание подогревателя.

## ПРАВИЛА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

Подогреватель поставляется заказчику на деревянных брусках или металлических опорах, прикреплённых к полу платформы в соответствии с чертежом упаковки.

Все муфты и патрубки подогревателя плотно закрываются стальными пробками и заглушками с паронитовыми прокладками для защиты от загрязнений и обеспечения герметичности.

Съёмные детали, узлы, арматура, контрольно – измерительные приборы упаковываются в деревянный ящик, который пломбируется.

Крепежные изделия и арматура перед укладкой в ящик после консервации дополнительно упаковываются в обёрточную или парафинированную бумагу.

Подогреватель является габаритным грузом и может транспортироваться всеми видами транспорта с учётом многократных перевалок.

Условия транспортирования подогревателя в части воздействия климатических факторов внешней среды должны соответствовать условиям 7 по ГОСТ 15150-69.

Погрузка и крепление теплообменников на железнодорожных платформах производится в соответствии с «Техническими условиями размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах».

Транспортирование и погрузо-разгрузочные работы следует проводить без резких толчков и ударов.

Подогреватели низкого давления; **Техническое описание.**

Информационно-справочный каталог  
«Теплообменное оборудование для  
тепловых и атомных электростанций» (1)



Саратовский завод  
энергетического  
машиностроения

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Эксплуатация подогревателя низкого давления должна производиться в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ», Правилами Ростехнадзора, «Правилами техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей», «Правилами пожарной безопасности для промышленных предприятий», директивными и руководящими указаниями для ТЭС, ТЭЦ, отопительных котельных.

Основными задачами эксплуатации подогревателя являются:

- обеспечение бесперебойной работы с расчётными параметрами теплоносителей в течение всего срока эксплуатации;
- обеспечение наиболее экономичной работы подогревателя с максимальным использованием тепла греющей среды.

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации подогреватель должен быть оснащён приборами для измерения давления и температуры, средствами защиты, блокировок и сигнализации, указателем уровня жидкости.

Корпус подогревателя, водяная камера, фланцевые соединения, патрубки должны иметь тепловую изоляцию. Температура поверхности изоляции при температуре воздуха плюс 25 °С не должна превышать плюс 45 °С. Повреждённая изоляция своевременно восстанавливается.

Уровень шума на расстоянии 1 метр от подогревателя не должен превышать 80 дБА согласно действующим нормам ГОСТ 12.1.003-83.

Эксплуатация подогревателя не допускается в следующих случаях:

- при неисправности элементов любой блокировки или защиты;
- при неисправности регулирующего клапана;
- при отсутствии или неисправности контрольно – измерительных приборов измерения давления в корпусе;
- при выявлении неплотности в трубной системе;
- при обнаружении в основных элементах подогревателя трещин, выпучин, недопустимого утонения стенок, течи в сварных швах, разрыва прокладок;
- при выходе из строя указателя уровня конденсата пара.

## ОБСЛУЖИВАНИЕ

При работе подогревателя необходимо вести наблюдение за:

- уровнем конденсата в корпусе, не допуская затопления конденсатом воздухоотводящего устройства, а также работы подогревателя без уровня;
- работой системы автоматического регулирования уровня конденсата;
- давлением пара, не допуская работу подогревателя с не полностью открытой паровой задвижкой;
- величиной нагрева воды и недогревом (температурным напором) её;

Экономичность работы подогревателя характеризуется величиной недогрева воды. Причиной повышенного недогрева может быть:

- неплотность задвижки на обводе (байпаса) подогревателя;
- неудовлетворительный отвод паровоздушной смеси из корпуса;
- повышенное поступление воздуха в подогреватель;
- уменьшение рабочей поверхности подогревателя из-за большого числа заглушённых труб;
- тепловая перегрузка подогревателя;
- ухудшение теплообмена в связи с загрязнением поверхности нагрева.

В зависимости от качества воды, температурных условий, длительности эксплуатации образуются различные по составу и количеству отложения на внутренних стенках труб поверхности нагрева. Отложения ухудшают теплообмен и, как следствие, увеличивают недогрев. Поэтому величина недогрева может служить критерием степени загрязнения труб.

В процессе эксплуатации для удаления отложений с внутренних поверхностей труб применяется химическая очистка или с помощью гидромониторов.

Периодичность очистки трубной системы зависит от скорости и величины загрязнения. При увеличении недогрева воды на 4-5 °С по сравнению с расчётом рекомендуется провести очистку труб.

Подогреватель должен подвергаться техническому освидетельствованию после монтажа, до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях – внеочередному освидетельствованию.

Перед внутренним осмотром и гидравлическим испытанием подогреватель остановить, охладить, слить воду из корпуса и водяной камеры, отключить заглушками от всех трубопроводов, соединяющих подогреватель с источником давления или другими сосудами, демонтировать водяную камеру, вынуть из корпуса трубную систему, слить из трубной системы воду, очистить поверхности до металла.

Гидравлическое испытание подогревателя проводить в собранном виде в следующей последовательности: сначала полость трубной системы с водяной камерой, затем полость корпуса пробным давлением, указанным в чертеже и паспорте подогревателя.

## РЕСУРС

Полный назначенный срок службы подогревателей – 30 лет;

Количество циклов нагружения от давления – не более 1000.

Гарантийный срок эксплуатации – 24 месяца с момента ввода подогревателя в эксплуатацию, но не более 36 месяцев со дня отгрузки потребителю, при соблюдении потребителем условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

Подогреватели низкого давления; **Техническое описание.**

Информационно-справочный каталог  
«Теплообменное оборудование для  
тепловых и атомных электростанций» (1)



**Саратовский завод  
энергетического  
машиностроения**

## ПОДОГРЕВАТЕЛИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Код ОКП	Обозначение подогревателя	Обозначение чертежа	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Рабочее давление, МПа		Температура на входе, °С		Номинальный расход воды, т/ч	Расчетный тепловой поток, МВт	Количество ходов сетевой воды	Масса подогревателя, кг	Страница в каталоге
				пара в корпусе	воды в трубной системе	максимальная пара в корпусе	максимальная воды в трубной системе					
31 1351	<b>ПН-30-в-2</b>	СТ-87 <sup>Ф</sup> СБ	30	0,15*	1,27*	250	111	46,5	1,21	4	1253	<b>9</b>
31 1351	<b>ПН-30-в-3</b>	У4.83 <sup>Ф</sup> СБ	30	0,47*	1,27*	233	150	46,5	1,35	4	1253	<b>10</b>
31 1351	<b>ПН-36-в</b>	У5.83 <sup>Ф</sup> СБ	36	0,23*	1,27*	236	124	39,3	1,42	8	1381	<b>11</b>
31 1351	<b>ПН-54-в</b>	У6.83 <sup>Ф</sup> СБ	54	0,67*	1,27*	310	163	59	2,91	8	1795	<b>12</b>
31 1351	<b>ПН-56-16-4-I</b>	СТ-6507 <sup>Ф</sup> СБ	56	0,39*	1,57	240(400)	143	100(50)	2,44	4	2216	<b>14</b>
31 1351	<b>ПН-56-16-4-II</b>	СТ-6167 <sup>Ф</sup> СБ	56	0,39*	1,57	240(400)	143	100(50)	2,44	4	2246	<b>15</b>
31 1351	<b>ПН-67-12-7-I</b>	СТ-6090 <sup>Ф</sup> СБ	67	0,68*	1,18	240	164	100	2,44	6	2186	<b>17</b>
31 1351	<b>ПН-67-12-7-II</b>	СТ-6165 <sup>Ф</sup> СБ	67	0,68*	1,18*	240	164	100	2,44	6	2207	<b>18</b>
31 1351	<b>ПН-90-16-4-I</b>	СТ-25624 <sup>Ф</sup> СБ	90	0,39	1,57	200	151	160	4,30	4	3156	<b>20</b>
31 1351	<b>ПН-90-16-4-II</b>	СТ-6025 <sup>Ф</sup> СБ	90	0,39*	1,57*	200	143	160	2,79	4	3151	<b>21</b>
31 1351	<b>ПН-90-16-4-IIсв</b>	СТ-26453 <sup>Ф</sup> СБ	90	0,39	1,57	400	151	160	1,70	4	3190	<b>23</b>
31 1351	<b>ПН-100-16-4-I</b>	СТ-25626 <sup>Ф</sup> СБ	100	0,39	1,57	240	151	260	7,54	4	3211	<b>24</b>
31 1351	<b>ПН-100-16-4-II</b>	СТ-6082 <sup>Ф</sup> СБ	100	0,39*	1,57*	240(400)	143	160(260)	5,24	4	3222	<b>26</b>
31 1351	<b>ПН-100-16-4-III</b>	СТ-25627 <sup>Ф</sup> СБ	100	0,39	1,57	240(425)	151	260(370)	1,63	4	3373	<b>27</b>
31 1351	<b>ПН-100-16-4-IIIсв</b>	СТ-26455 <sup>Ф</sup> СБ	100	0,39	1,57	240(425)	151	260(370)	1,63	4	3373	<b>29</b>
31 1351	<b>ПН-130-16-9-I</b>	СТ-25628 <sup>Ф</sup> СБ	130	0,88	1,57	400	179	230	7,33	4	3765	<b>30</b>
31 1351	<b>ПН-130-16-9-IIIсв</b>	СТ-26459 <sup>Ф</sup> СБ	130	0,88	1,57	200	179	230	6,98	4	3872	<b>32</b>
31 1351	<b>ПН-130-16-10-II</b>	СТ-25629 <sup>Ф</sup> СБ	130	0,98	1,57	400	183	230(275)	7,33	4	3767	<b>33</b>
31 1351	<b>ПН-130-16-10-IIсв</b>	СТ-26457 <sup>Ф</sup> СБ	130	0,98	1,57	400	183	230(275)	7,33	4	3767	<b>35</b>
31 1351	<b>ПН-130-16-10-IIсв</b>	ВБИА.065115.001СБ	130	0,98	1,57	460	183	230	7,33	4	5425	<b>36</b>
31 1351	<b>ПН-150-16-4-I</b>	СТ-9139 <sup>Ф</sup> СБ	150	0,39*	1,57*	150	143	280	6,63	4	3957	<b>38</b>
31 1351	<b>ПН-150-16-4-II</b>	СТ-9500 <sup>Ф</sup> СБ	150	0,39*	1,57*	150	143	280	6,63	4	3973	<b>39</b>
31 1351	<b>ПН-200-16-7-I</b>	СТ-25631 <sup>Ф</sup> СБ	200	0,68	1,57	240	170	350	10,23	6	5985	<b>41</b>
31 1351	<b>ПН-200-16-7-Im</b>	СТ-34894СБ	200	0,68	1,57	240	170	350	10,23	4	6611	<b>42</b>
31 1351	<b>ПН-200-16-7-II</b>	СТ-6086 <sup>Ф</sup> СБ	200	0,68*	1,57*	240	164	350	8,96	6	5875	<b>44</b>

Примечание: \* – давление абсолютное;

Подогреватели низкого давления;  
Технические характеристики.Информационно-справочный каталог  
«Теплообменное оборудование для  
тепловых и атомных электростанций» (1)Саратовский завод  
энергетического  
машиностроения

## ПОДОГРЕВАТЕЛИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ (продолжение)

Код ОКП	Обозначение подогревателя	Обозначение чертежа	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Рабочее давление, МПа		Температура на входе, °С		Номинальный расход воды, т/ч	Расчетный тепловой поток, МВт	Количество ходов сетевой воды	Масса подогревателя, кг	Страница в каталоге
				пара в корпусе	воды в трубной системе	максимальная пара в корпусе	максимальная воды в трубной системе					
31 1351	<b>ПН-250-16-7-I</b>	СТ-25632 <sup>Ф</sup> СБ	250	0,68*	1,57*	400	164	400	13,9	4	6530	<b>45</b>
31 1351	<b>ПН-250-16-7-II</b>	СТ-25633 <sup>Ф</sup> СБ	250	0,68*	1,57*	400	164	400	11,63	4	6526	<b>47</b>
31 1351	<b>ПН-250-16-7-IIсв</b>	СТ-27191 <sup>Ф</sup> СБ	250	0,68	1,57	425	170	400	11,63	4	6526	<b>48</b>
31 1351	<b>ПН-250-16-7-IIм</b>	СТ-34896СБ	250	0,68	1,57	425	170	400	19,10	4	7403	<b>50</b>
31 1351	<b>ПН-250-16-7-IIсв</b>	СТ-26466 <sup>Ф</sup> СБ	250	0,68	1,57	400	170	400	11,63	4	6385	<b>51</b>
31 1351	<b>ПН-250-16-7-IIм</b>	СТ-34896СБ	250	0,68	1,57	400	170	400	19,10	4	7532	<b>53</b>
31 1351	<b>ПН-250-16-7-IIх</b>	СТ-26463 <sup>Ф</sup> СБ	250	0,68*	1,57*	400	164	400	11,63	6	6439	<b>54</b>
31 1351	<b>ПН-250-16-7-IVсв</b>	СТ-26461 <sup>Ф</sup> СБ	250	0,68	1,57	400	170	400(475)	11,63	4	6233	<b>56</b>
31 1351	<b>ПН-250-16-7-IVм</b>	СТ-34897СБ	250	0,68	1,57	400	170	400	19,10	4	7335	<b>57</b>
31 1351	<b>ПН-300-16-7-Iсв</b>	СТ-27193 <sup>Ф</sup> СБ	300	0,68*	1,57*	400	164	520	18,00	4	6993	<b>59</b>
31 1351	<b>ПН-300-16-7-IIсв</b>	СТ-27195 <sup>Ф</sup> СБ	300	0,68*	1,57*	400	164	520	16,9	4	7084	<b>60</b>
31 1351	<b>ПН-350-16-7-I</b>	СТ-26077 <sup>Ф</sup> СБ	350	0,68	1,57	400	170	575	24,0	4	10232	<b>62</b>
31 1351	<b>ПН-350-16-7-II</b>	СТ-26079 <sup>Ф</sup> СБ	350	0,68	1,57	400	170	575	17,1	4	10805	<b>63</b>
31 1351	<b>ПН-350-16-7-III</b>	СТ-26078 <sup>Ф</sup> СБ	350	0,68	1,57	400	170	490	24,3	4	10362	<b>65</b>
31 1351	<b>ПН-400-26-2-III</b>	СТ-24018 <sup>Ф</sup> СБ	400	0,19	2,55	400	133	750	15,5	4	12411	<b>66</b>
31 1351	<b>ПН-400-26-2-IV</b>	СТ-24019 <sup>Ф</sup> СБ	400	0,19	2,55	300	133	750	15,7	4	12461	<b>68</b>
31 1351	<b>ПН-400-26-7-I</b>	СТ-24016 <sup>Ф</sup> СБ	400	0,68	2,55	390	170	750(820)	21,0	4	13701	<b>69</b>
31 1351	<b>ПН-400-26-7-IM</b>	СТ-46655 СБ	400	0,68	2,55	390	170	750(820)	21,0	4	14500	<b>70</b>
31 1351	<b>ПН-400-26-7-II</b>	СТ-24017 <sup>Ф</sup> СБ	400	0,68	2,55	400	170	750(774)	26,8	4	12338	<b>72</b>
31 1351	<b>ПН-400-26-8-V</b>	СТ-24020 <sup>Ф</sup> СБ	400	0,78	2,55	400	175	750	26,8	4	12267	<b>73</b>
69 3755	<b>ПН-800-29-7-IA</b>	СТ-29635 <sup>Ф</sup> СБ	750	0,69*	2,84*	200	57,1	750	20,90	4	22720	<b>75</b>
69 3755	<b>ПН-800-29-7-IIA</b>	СТ-29636 <sup>Ф</sup> СБ	800	0,69*	2,84*	200	81,0	780	36,30	4	19900	<b>76</b>
69 3755	<b>ПН-800-29-7-IIIA</b>	СТ-29637 <sup>Ф</sup> СБ	800	0,69*	2,84*	200	103	950	22,20	4	19640	<b>77</b>
69 3755	<b>ПН-800-29-7-IVA</b>	СТ-29638 <sup>Ф</sup> СБ	800	0,69* (0,98*)	2,84*	200 (180)	129,7	950	33,70	4	19630	<b>78</b>
69 3755	<b>ПН-800-29-7-VA</b>	СТ-29639 <sup>Ф</sup> СБ	800	0,69* (0,98*)	2,84*	200 (180)	148,4	1050	23,70	4	19466	<b>79</b>

Примечание: 1. \* – давление абсолютное;  
2. А – подогреватели для АЭС;

Подогреватели низкого давления;  
**Технические характеристики.**

Информационно-справочный каталог  
«Теплообменное оборудование для  
тепловых и атомных электростанций» (1)



**Саратовский завод  
энергетического  
машиностроения**