

Раздел 2. Установки получения ледяной воды.

4. Установки получения ледяной воды с аккумулярованием льда серии ОАЛ.

4.1. Общие сведения об установках получения ледяной воды с аккумулярованием льда.

На сегодняшний день ледяная вода широко используется в качестве хладоносителя в пищевой промышленности при переработке молока, производства пива, кваса и т. п. Под термином «ледяная вода» подразумевается вода с температурой, близкой к 0 °С. Получение воды с такой температурой в пластинчатых или кожухотрубных теплообменниках сопряжено с риском ее замерзания и, соответственно, выходом из строя теплообменного оборудования. Этого недостатка лишены теплообменники/испарители пленочного или погружного типа, использование которых позволяет получать воду с температурой +0,5... +1 °С без риска выхода из строя. В свою очередь погружные теплообменники могут быть панельного или трубного (змеевикового) типа. Наибольшее распространение получили погружные испарители трубного типа.



Основными потребителями данной продукции являются молокоперерабатывающие предприятия. Но использование в качестве хладоносителя ледяной воды не единственная особенность холодопотребления этих предприятий. Еще одной немаловажной особенностью является очень неравномерная тепловая нагрузка в течение суток. Максимальные пиковые тепловые нагрузки зачастую имеют место быть всего лишь один или несколько часов в сутки, и установка холодильного оборудования, подобранного на эти пиковые значения, нерентабельна.

Решением данной задачи может служить аккумуляция холода. Вода, по сути, мало подходит для этой задачи, в то время как лед является идеальным решением. Как известно, для таяния льда нужно большое количество энергии, плюс ко всему, пока он будет таять, вода будет оставаться с температурой, близкой к 0 °С.

Использование льда в качестве аккумулярования холода позволяет иметь почти идеальный хладоноситель – воду (максимальная теплоемкость и теплопроводность, безопасна и безвредна, не токсична и не коррозионно активна, а самое главное – низкая стоимость) и использовать холодильное оборудование мощностью 40-50% от максимальных значений тепловыделений.

Принцип работы льдоаккумуляторов заключается в накоплении льда в период малых тепловых нагрузок и его стаивании при повышенных теплопритоках, когда мощности установленного холодильного агрегата недостаточно.

Основные преимущества льдоаккумуляторов являются:

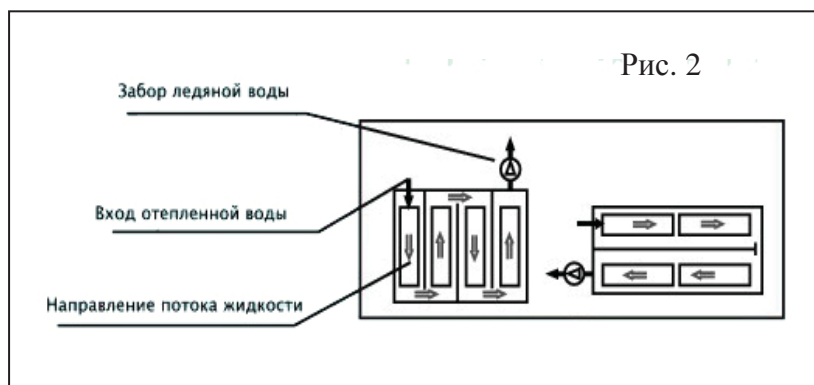
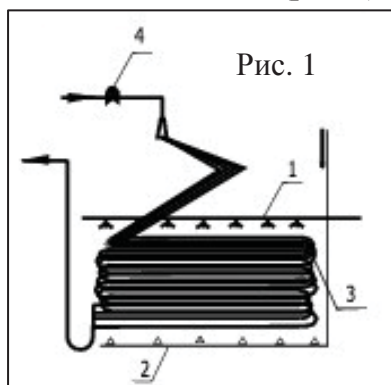
- получение ледяной воды без риска выхода оборудования из строя;
- возможность быстрой компенсации пиковых тепловых нагрузок;
- стабильность температуры хладоносителя;
- уменьшение капитальных затрат на холодильное оборудование;
- уменьшение установленной мощности холодильного оборудования;
- уменьшение потребления электроэнергии в связи с тем, что основное время работы холодильного оборудования приходится на ночные часы, когда компрессоры работают при более низком давлении конденсации;
- уменьшение эксплуатационных затрат, связанное с тем, что стоимость электроэнергии в ночное время значительно дешевле.

Льдоаккумулятор серии ОАЛ представляет собой трубную решетку, которая погружается в воду. Внутри труб кипит хладагент при температуре -8°C , а на их поверхности намораживается лед. Процесс наморзания льда контролируется приборами автоматики. Максимальная толщина льда не должна превышать 3 – 3,5 см. Намораживание большего количества возможно, но уже не так выгодно с экономической точки зрения (увеличивается количество затрачиваемой электроэнергии на накопление единицы льда).

Для более интенсивного стаивания льда во время повышенных тепловых нагрузок и получения более равномерной температуры воды ее перемешивают, наиболее эффективным способом которого является *барботирование*. Снизу под льдоаккумулирующие секции через распределительный коллектор подается воздух, который, поднимаясь к поверхности, интенсивно перемешивает воду.

Для получения воды с наиболее низкой температурой необходимо, чтобы она как можно дольше соприкасалась с поверхностью льда. Поэтому в зависимости от размеров льдоаккумулятора, применяют разные системы подачи отопленной воды в бак с льдоаккумулирующими секциями. При небольших размерах льдоаккумулятора, у которого высота соизмерима с его длиной, целесообразно подавать отопленную воду через специальный коллектор, который обеспечивает равномерное распределение воды над всей поверхностью льдоаккумулятора (рис.1).

При применении нескольких льдоаккумулирующих секций необходимости в применении распределительного коллектора нет, главное – обеспечить максимальную протяженность соприкосновения воды со льдом. Эта задача может быть успешно решена разделением в емкости льдоаккумулирующих секций перегородками, что увеличивает путь прохождения отопленной воды вдоль этих секций (рис. 2).



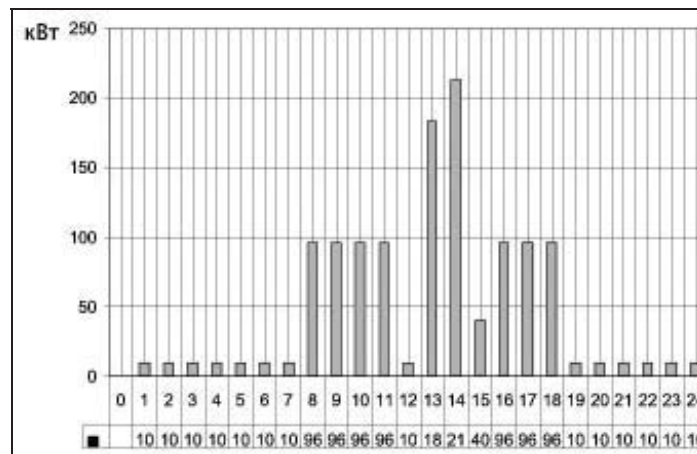
Выбор модели установки для получения ледяной воды.

Для выбора модели установки для получения ледяной воды необходимы следующие данные:

Исходные данные:

- Приемка молока утренняя с 8.00 до 12.00, 20 тонн молока с температурой +20 °С;
- Пастеризация молока с 13.00 до 15.00, 10 тонн. Охлаждение с +35 °С;
- Сливочные ванны с 14.00 до 16.00, 2 тонны. Охлаждение с +35 °С;
- Вечерняя приемка с 16.00 до 18.00, 10 тонн молока с температурой +20 °С;
- Танки хранения. Круглосуточно, 10 тонн. Поддержание температуры +5 °С.

Строим почасовой график суточной тепловой нагрузки:



Исходя из этого графика суммарная тепловая нагрузка за сутки составляет 1242 кВт*ч (это сумма всех почасовых тепловых нагрузок).

Для определения минимально допустимой холодопроизводительности оборудования необходимо разделить суммарную тепловую нагрузку на 24 часа: $1242 / 24 = 52 \text{ кВт}$.

К этому значению необходимо прибавить 10%, которые учитывают в себе различные потери холода: $52 + 10\% = 57 \text{ кВт}$ – это минимальная холодопроизводительность оборудования, при которой возможно компенсировать суточную тепловую нагрузку.

Теперь необходимо рассчитать количество льда необходимое, чтобы компенсировать тепловую нагрузку, превышающую мощность холодильного оборудования. Для этого необходимо суммировать нагрузку, превышающую 57 кВт. После сложения получаем 549 кВт*ч, которые необходимо перевести в кг льда:

1) для этого переводим кВт*ч в кДж: $549 * 3600 = 1976400 \text{ кДж}$,

2) Зная теплоту плавления льда, которая составляет 333 кДж/кг, рассчитываем требуемую массу льда: $1976400 / 333 = 5935 \text{ кг}$.

После расчетов получается, что для данного молочного производства потребуется оборудование холодопроизводительностью не менее 57 кВт и льдоаккумулятор на 6 тонн льда. Компрессорное оборудование на данную холодопроизводительность необходимо подбирать при температуре кипения: -8 / -10 °С.

В зависимости от конкретных условий возможно увеличение холодопроизводительности оборудования и уменьшение количества льда.

4.2. Общая информация и область применения.

Льдоаккумуляторы серии ОАЛ – это установки для получения ледяной воды (температура $+0,5...+1$ °С) с возможностью намораживания (аккумуляции) льда на поверхности труб испарителя. Принцип работы льдоаккумуляторов заключается в накоплении льда в период малых тепловых нагрузок и его таянии при повышенных теплопритоках, когда мощности установленного холодильного агрегата недостаточно.

Основная область применения:

- молокоперерабатывающие предприятия, где в период поступления молока тепловая нагрузка на систему охлаждения воды повышается в несколько раз, при этом температура воды, подаваемой для охлаждения молока, не должна превышать $+1$ °С. Это делает экономически и технически нецелесообразным использование стандартных водоохлаждающих установок.

Отличие льдоаккумуляторов от чиллеров ВТХУ, ОВ, ОС:

- возможность получения ледяной воды с температурой, близкой к 0 °С без риска размораживания испарителя.
- возможность аккумуляции значительного количества холода, которая позволяет компенсировать теплопритоки в период пиковых нагрузок, а значит, позволяет использовать холодильный агрегат, работающий в составе льдоаккумулятора, меньшей холодопроизводительности, чем при установке чиллера. Это позволяет уменьшить установленную мощность холодильного оборудования и снизить его энергопотребление. Кроме того, дополнительное снижение расхода электроэнергии достигается вследствие того, что основная нагрузка на холодильный агрегат приходится на ночные часы, когда температура конденсации и, следовательно, расход электроэнергии минимальны.

При расчете необходимой для каждого конкретного случая аккумулялирующей способности, измеряемой в кВт*ч, необходимо учитывать, что для передачи охлаждаемой воде всего количества аккумулялированного холода необходимо определенное минимальное время. Для льдоаккумуляторов ОАЛ время полного таяния льда составляет около 2,5 часов.

Льдоаккумулятор ОАЛ состоит из двух основных частей:

- емкости с хладоносителем (водой), внутрь которой встроена трубная теплообменная решетка;
- холодильного агрегата.



В зависимости от плана размещения оборудования холодильный агрегат выполнен либо в виде моноблока, или в модульном исполнении (компрессорный агрегат и конденсатор воздушного охлаждения, который может быть установлен вне помещения). Трубная теплообменная решетка и емкость с хладоносителем с повышением мощности льдоаккумулятора разделяются на несколько секций (1,2,4 секции – см. таблицу технических характеристик ниже). Число секций трубной решетки испарителя соответствует числу секций емкости.

Для повышения эффективности теплообмена, более интенсивного стаивания льда во время повышенных тепловых нагрузок, обеспечения равномерности намораживания льда и получения стабильной температуры воды на выходе, в емкость с хладоносителем встроена система барботирования, которая за счет подачи воздуха снизу трубной решетки испарителя обеспечивает активное перемешивание воды.

Для получения воды с наиболее низкой температурой на выходе и увеличения времени контакта воды с поверхностью льда для односекционных льдоаккумуляторов подача воды осуществляется сверху равномерно над всей поверхностью льдоаккумулятора через специальный распределительный коллектор, а для многосекционных – вода проходит через аккумулирующие секции по наиболее длинному пути, определяемом специальными отверстиями в перегородках, разделяющих льдоаккумулирующие секции.

4.3. Хладагенты и хладоносители.

В стандартном исполнении установки поставляются для эксплуатации на хладагенте **R-22**, но могут работать также на следующих хладагентах

- со спиральными герметичными компрессорами: на **R-22, R-407C, R-134a**;
- с поршневыми полугерметичными компрессорами: на **R-22, R-404A, R-507, R407C, R-134a**.

При использовании иных, чем **R-22**, хладагентов необходимо указать это на стадии заказа с целью проведения уточняющего расчета площади поверхности трубной решетки испарителя.

4.4. Технические данные.

Холодопроизводительность: от 11 до 100 кВт.

Аккумулирующая способность: от 1 до 8 т. льда.

Температура воды на выходе из установки: от +0,5 до +1 °С.

Расчетное время намораживания льда (при использовании стандартно подобранных холодильных агрегатов): от 8 до 12 часов.

Расчетное время полного таяния льда: ориентировочно 2,5 часа.

Диапазон температуры окружающей среды: от – 20 до + 45 °С (запуск и устойчивая работа при температуре ниже 0 °С возможна только с использованием систем зимнего пуска и управления вентиляторами конденсатора).

4.5. Буквенное обозначение моделей, стандартная комплектация и опции.

Стандартная комплектация:

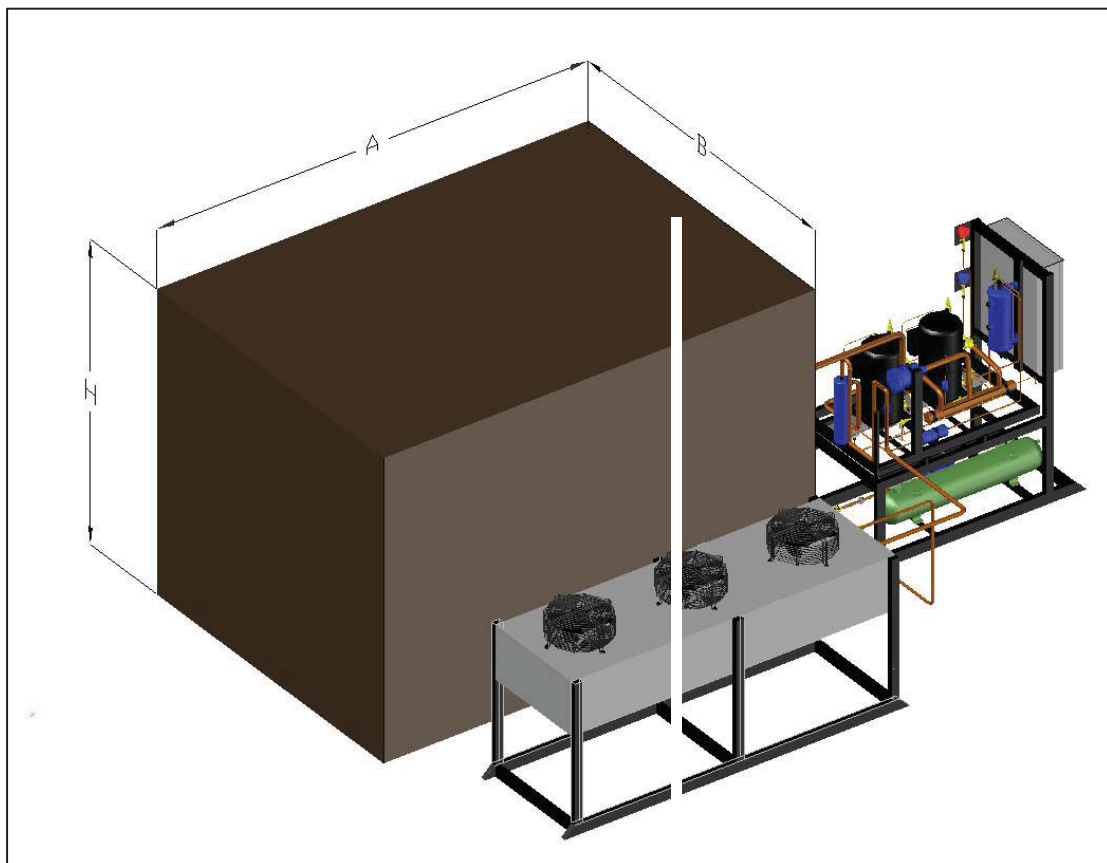
- аккумулирующая емкость со встроенной теплообменной решеткой и системой барботирования;
- холодильный агрегат со щитом управления и конденсатором воздушного охлаждения.

Опции:

- система зимнего пуска (3).

Обозначение моделей:

ОАЛ	1000	М	С
Серия установок: ОАЛ – льдоаккумулятор с емкостью; АЛ – льдоаккумулятор без емкости.	Аккумулирующая способность, (кг льда)	Материал испарителя: М – медь; Н – нержавеющая сталь.	Тип холодильного агрегата: С – со спиральным герметичным компрессором; П – с поршневым полугерметичным компрессором



4.6. Таблица технических характеристик.

Масса намораживаемого льда указана при разной толщине слоя льда (35 мм и 40 мм).

Толщина слоя льда определяется настройкой датчика толщины льда, установленного на трубках. В случае намораживания слоя льда толщиной 35 мм необходим больший по размеру льдоаккумулятор для накопления заданной массы льда, однако при этом расход электроэнергии установки в целом будет меньше за счет более высокой (в среднем) температуры кипения хладагента внутри труб за весь цикл намораживания. Таким образом, для относительно мощных льдоаккумуляторов рекомендуется осуществлять подбор оборудования исходя из слоя намораживания льда 35 мм.

Время намораживания полной массы льда льдоаккумулятором зависит от холодопроизводительности холодильного агрегата, которым оборудован льдоаккумулятор. Холодопроизводительность агрегата определяется для каждого конкретного случая, исходя из технического задания. Но существует ограничение как по максимальной, так и по минимальной мощности холодильного агрегата. Эти мощности указаны в таблице. Таким образом, выбирая агрегат из указанного диапазона производительности, можно на стадии проектирования задать время намораживания полной толщины слоя льда льдоаккумулятором.

Холодильный агрегат для льдоаккумулятора можно выбрать из перечня моделей, указанных в таблице «характеристик холодильных установок, работающих с льдоаккумуляторами» - см. п. 4.7 каталога.

4.6.1. Установки получения ледяной воды ОАЛ-Н-С(П) с емкостью и испарителем из нержавеющей стали.

Модель льдоаккумулятора	Аккумулятирующая способность				Количество секций, (шт)	Холодопроизводительность установки, (кВт), при T _{кип.} = -10 °С Min...Max		Габаритные размеры, (А*В*Н) (мм)
	При толщине льда 35 мм		При толщине льда 40 мм			Min время наморажи- вания льда 8-12 ч	Max время наморажи- вания льда 3,5-4,5 ч	
	кВт*ч	Кг льда	кВт*ч	Кг льда				
ОАЛ-1800-Н	132	1425	164	1775	1	15	40	2305*2210*1870
ОАЛ-2100-Н	158	1710	197	2130	1	18	48	2305*2210*2370
ОАЛ-2500-Н	185	1995	230	2485	1	21	56	2305*2210*2370
ОАЛ-2800-Н	210	2280	263	2840	1	24	64	2305*2210*2370
ОАЛ-3200-Н	237	2565	295	3195	1	27	72	4410*2210*1870
ОАЛ-3500-Н	264	2850	328	3550	1	30	80	4410*2210*1870
ОАЛ-3900-Н	290	3135	361	3905	1	33	88	4410*2210*1870
ОАЛ-4200-Н	316	3420	394	4260	1	36	96	4410*2210*2000
ОАЛ-4600-Н	343	3705	427	4615	1	39	104	4410*2210*2000
ОАЛ-5000-Н	369	3990	460	4970	1	42	112	4410*2210*2370
ОАЛ-5300-Н	395	4275	492	5325	1	45	120	4410*2210*2370
ОАЛ-5700-Н	421	4560	525	5680	1	48	128	4410*2210*2370
ОАЛ-6400-Н	474	5130	590	6390	2	54	144	8620*2210*1870
ОАЛ-7100-Н	528	5700	656	7100	2	60	160	8620*2210*1870
ОАЛ-7800-Н	580	6270	722	7810	2	66	176	8620*2210*1870
ОАЛ-8500-Н	632	6840	788	8520	2	72	192	8620*2210*2000
ОАЛ-9200-Н	686	7410	854	9230	2	78	208	8620*2210*2000
ОАЛ-10000-Н	738	7980	920	9940	2	84	224	8620*2210*2370
ОАЛ-10600-Н	790	8550	984	10650	2	90	240	8620*2210*2370
ОАЛ-11400-Н	842	9120	1050	11360	2	96	256	8620*2210*2370

4.7. Характеристики холодильных агрегатов, работающих с льдоаккумуляторами.

В агрегатах использованы:

- полугерметичные поршневые компрессоры Вокс, оборудованные клапанами регулировки производительности (HGX34P, HGX4, HGX5, HGX6 – 50%/100%, HGX7 – 33%/66%/100%, HGX8 – 25%/50%/75%/100%) и реле контроля смазки (все модели).
- конденсаторы воздушного охлаждения, оборудованные вентиляторами с шестиполосными (900 об/мин) электродвигателями, что позволяет в сравнении с быстроходными четырехполосными моделями значительно (в три – четыре раза) снизить расход электроэнергии, потребляемой электродвигателями вентиляторов, а также увеличить срок службы вентиляторов (за счет меньшей скорости вращения).

Основные элементы холодильной установки:

- компрессорно-ресиверный агрегат серии АП с системами регулирования производительности и маслоотделения;
- конденсатор воздушного охлаждения с шестиполосными вентиляторами (кроме двух моделей агрегатов);
- щит управления холодильным агрегатом и барботером.

Модель агрегата	Холодопроизводительность агрегата на R-507, при Tквп. = -10 °С, Tо.с.=+27 С (кВт)	Электрическая мощность компрессоров/ конденсаторов на номинальном режиме, (кВт)	Габаритные размеры, мм.		Dн, (дюйм)	L1, (дюйм)	L2, (дюйм)	S, (дюйм)
			Холодильная установка	Конденсатор				
MDA34-4/АП-HGX34P/380-4S	18,04	7,09 / 0,57	800*600*800	2315*662*649	7/8"	7/8"	5/8"	1 1/8"
MEB122-6D/АП-HGX4/465-4S	22,27	8,87 / 1,41	1800*800*1600	2734*898*1070	1 1/8"	7/8"	7/8"	1 3/8"
MEC122-6D/АП-HGX4/555-4S	26,5	10,44 / 1,39	1800*800*1600	2734*1101*1070	1 1/8"	1 1/8"	7/8"	1 3/8"
MEC123-6D/АП-HGX4/650-4S	32,3	12,6 / 1,41	1800*800*1600	2734*1101*1070	1 1/8"	1 1/8"	7/8"	1 5/8"
MEB132-6D/АП-HGX5/725-4S	33,77	12,93 / 2,11	1900*800*1600	3934*898*1070	1 1/8"	1 1/8"	7/8"	1 5/8"
MEC132-6D/АП-HGX5/830-4S	39,52	14,93 / 2,09	1900*800*1600	3934*1101*1070	1 1/8"	1 1/8"	7/8"	1 5/8"
MEB142-6D/АП-HGX5/945-4S	45,24	17,44 / 2,81	1900*800*1600	5134*1105*555	1 3/8"	1 1/8"	7/8"	2 1/8"
MEC142-6D/АП-HGX6/1080-4S	51,31	20,67 / 2,79	1900*800*1600	5134*1101*1070	1 5/8"	1 1/8"	7/8"	2 1/8"
MEB144-6D/АП-HGX6/1240-4S	59,90	24,73 / 2,91	1900*800*1600	5134*898*1070	1 3/8"	1 1/8"	1 1/8"	2 1/8"
MEC144-6D/АП-HGX6/1410-4S	66,95	28,19 / 2,83	1900*800*1600	5134*1101*1070	1 3/8"	1 3/8"	1 1/8"	2 1/8"
MEC144-6D/АП-HGX7/1620-4S	74,67	29,78 / 2,83	1900*850*1700	5134*1101*1070	1 5/8"	1 3/8"	1 1/8"	2 1/8"
MEC144-4D/АП-HGX7/1860-4S	84,88	35,35 / 10,12	1900*850*1700	5134*1101*1070	1 5/8"	1 3/8"	1 1/8"	2 1/8"
MEC144-4D/АП-HGX7/2110-4S	94,63	41,03 / 10,12	1900*850*1700	5134*1101*1070	1 5/8"	1 3/8"	1 1/8"	2 5/8"
MEB243-6D/АП-HGX8/2470-4S	113,97	46,80 / 5,68	2000*850*1750	5134*1726*1070	2 1/8"	1 5/8"	1 1/8"	3 1/8"
MEC243-6D/АП-HGX8/2830-4S	128,88	54,35 / 5,62	2000*850*1750	5134*2132*1070	2 1/8"	1 5/8"	1 3/8"	3 1/8"
MEC244-6D/АП-HGX8/3220-4S	143,96	62,59 / 5,66	2000*850*1750	5134*2132*1070	2 1/8"	1 5/8"	1 3/8"	3 1/8"

Dн - диаметр линии нагнетания;

L1 - диаметр жидкостной линии после конденсатора;

L2. - диаметр жидкостной линии после ресивера;

S - диаметр линии всасывания.