

УДК 62-713.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, ПУТЁМ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАНЦИИ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ ЗАВОДА «ЕПК САМАРА»

Тишаков А.А.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара

Рассмотрена и предложена идея по модернизации системы энергоснабжения станции холода промышленного предприятия «ЕПК Самара».

Ключевые слова: холодильное оборудование, энергоэффективность, модернизация оборудования, расчёт нагрузок, чиллер.

ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT THROUGH THE MODERNIZATION OF THE COLD SUPPLY STATION OF THE PLANT "EPK SAMARA"

Tishakov A.A.

The idea of modernization of the power supply system of the cold station of the industrial enterprise "EPK Samara" is considered and proposed.

Keywords: refrigeration equipment, energy efficiency, equipment modernization, load calculation, chiller.

В данной статье рассматривается идея модернизации систем энергоснабжения «станции холода» на заводе «ЕПК Самара».

Холодильная машина ХТМФ 235-2000-П использует в своей работе запрещенный к производству на территории РФ тип фреона (12). Данный факт приводит к повышению экономических и производственных рисков, связанных с недопоставкой фреона или с поставкой некачественного фреона китайского производства.

Существующая система не обеспечивает возможность осушки подаваемого потребителям воздуха в необходимых объёмах, в связи с отсутствием пара на предприятии для обогрева калориферов 2-го подогрева промышленных кондиционеров в летний период.

Обеспечение паром на предприятии было от котельной 4ГПЗ до 1996 года и было прекращено в связи с разделом завода и демонтажем котельной.

При нормальной работе системы для снижения влагосодержания в обрабатываемом промышленном кондиционере воздуха его необходимо охладить до температуры 10-12 градусов С, при этом влагосодержание составит 8 г/кг. В дальнейшем данный объем охлажденного (осушенного) воздуха необходимо нагреть (за счёт 2-го подогрева) до температуры 18 градусов С и подать потребителям.

Имеющиеся холодильные машины эксплуатируются с 1968 года – физически и морально изношены, требуют постоянного текущего ремонта в ходе эксплуатации.

Для охлаждения конденсаторов холодильных машин в процессе их работы используется градирня, находящаяся в аварийном состоянии и не обеспечивающая в настоящий момент требуемые параметры (по охлаждению воды) в летний период.

Трубопроводы обратного водоснабжения в основной массе (95%) эксплуатируются с 1968 года и изношены, теплоизоляция трубопроводов в неудовлетворительном состоянии (потери по холоду не менее 10%). [1-5]

Расчёт нагрузки по холоду

Всего на производстве осуществляется кондиционирование воздуха в 17 термоконстантных зонах, общая площадь которых 9 665 м², площади зон и номера центральных кондиционеров, обслуживающих их, представлены в таблице №1.

Таблица №1. Площади термоконстантных зон

Участок зоны кондиционирования	Площадь, м ²	№ кондиционера, подающего воздух
ЦЕХ №1		
Сборка	702,6	4,5
Сверхпроводка	359,7	3
Упаковка	245,1	6
Дефектоскопия	293,8	4,5
ЦЕХ №2		
Сборка	1 367,1	10
Сверхпроводка	507,1	9
Упаковка	234,9	11
ЦЕХ №3		
Сборка	1 151,1	6
Сверхпроводка	715,8	7
Упаковка	229,1	6
ЦЕХ №6		
Сверхпроводка	846,1	13
Контроль	422,2	12
Упаковка	152,8	12
ЦЕХ №7		
Сверхпроводка	1461	17,18
Электронное отделение	460	18
Контроль, Упаковка	345	14
ИРЦ		
Участок ЭЭС	172,5	15

Для охлаждения воздуха в термоконстантных зонах в летний период используется 17 промышленных кондиционеров, производительность и цеховые номера которых представлены в таблице №2.

Таблица №2. Перечень промышленных кондиционеров и их цеховые номера

№ п/п	Модель промышленного кондиционера	Цеховой №	Производительность, тыс., м ² /час	Площадь, м ²
1	Кондиционер КТЦ-31,5	3	30	359,7
2	Кондиционер КТЦ-2-31,5	4	30	996,4
3	Кондиционер КТ-40	5	40	
4	Кондиционер КТ-60	6	60	1625,3
5	Кондиционер КТЦ-31,5	7	30	715,8
6	Кондиционер КТЦ-30	9	30	507,1
7	Кондиционер КТ-60	10	60	1625,8
8	Кондиционер КТ-60	11	60	234,9
9	Кондиционер КТ-60	12	60	575
10	Кондиционер КТ-60	13	60	846,1
11	Кондиционер КТ-10	14	10	345
12	Кондиционер КТ-40	15	40	172,5
13	Кондиционер КТ-60	17	60	1921
14	Кондиционер КТ-60	18	60	
Итого			630	9924

Общий воздухообмен по номиналу приточных установок (КТЦ, КТ) составляет 630 000 м³/ч.

Действующие на данный момент параметры в термоконстантных зонах:

- требуемая температура от 18 до 25 °С;
- требуемая влажность до 58%.

Зададимся исходными данными:

1. Температура по сухому термометру $t_1=24,6^{\circ}\text{C}$ по СП 131.13330.2012 для Самарской области;
2. Температура необходимая для получения $t_2=22^{\circ}\text{C}$ (из ходя из потребности предприятия);
3. Температура входящей воды $\tau_1=30^{\circ}\text{C}$ (в соответствии с техническими характеристиками);
4. Температура охлажденной воды $\tau_2=23^{\circ}\text{C}$ (в соответствии с техническими характеристиками).

Запишем формулу теплового баланса:

$$|Q| = G_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) = G_{\text{с}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_1 - t_2) \quad [\text{кВт}],$$

где $G_{\text{в}}$ - расход охлажденной воды;

$c_{\text{в}}$ -теплоёмкость воды;

$G_{\text{с}}$ -расход охлаждающей воды, [кг/с].

$$G_{\text{с}} = \frac{L_{\text{с}} \cdot (t_1 - t_2)}{(t_1 - t_2) \cdot \eta} = \frac{225,75 \cdot (24,6 - 22)}{(30 - 23) \cdot 0,85} = 98,65 \text{ [кг/с]},$$

где $L_{\text{с}}$ -воздухообмен приточных установок равен $630\,000 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} =$

$$= 225,75 \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right];$$

η - КПД теплообменника равен 85%.

$$|Q| = G_{\text{с}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_1 - t_2) = 98,65 \cdot 4,19 \cdot (24,6 - 22) = 1074,69 [\text{кВт}] =$$

$$= 1,07 \text{ [МВт]} \approx 1,1 \text{ [МВт]}.$$

Таким образом после расчёта, было получено значения требуемой холодопроизводительности для создания необходимых условий для термоконстантных зон. По полученным данным будем выбирать основное и резервное оборудование.

Выбор основного оборудования

Изучив рынок холодильного оборудования, выбираем в качестве основного оборудования чиллер на промышленных полугерметичных винтовых компрессорах фирмы J&E Hall (страна производитель Англия). Технические характеристики данного оборудования представлены в таблице №3.

Таблица №3. Технические характеристики чиллера на промышленных полугерметичных винтовых компрессорах фирмы J&E Hall

Модель	HSS4221-3Ex2RWB
Холодопроизводительность, [кВт]	1 129,2
Потребляемая мощность, [кВт]	246
Мощность конденсатора	1 375,2
Марка конденсатора	4*CN112
Объём ресивера	2*160
Расход воды G, м ³ /ч	195
Рабочее давление, кПа	71,6

Чиллер фирмы J&E Hall использует в качестве хладагента – фреон R407C. Основные достоинства фреона R407C:

- Данный хладагент имеет показатели, приближенные к тем, что демонстрирует фреон R 22;
- Современные производители холодильного и климатического оборудования активно используют именно фреон R407C;
- Не возникает никаких проблем при заправке фреона R407C;
- Фреон R407C — это безопасное вещество.

Габаритные размеры чиллера на промышленных полугерметичных винтовых компрессорах фирмы J&E Hall представлены в таблице №4.

Таблица №4. Габаритные размеры чиллера на промышленных полугерметичных винтовых компрессорах фирмы J&E Hall

Габариты, мм			Масса, кг
Длина	Ширина	Высота	Всего
3 600	2 000	2400	4710

Для снабжения холодом завода предполагается установка двух чиллеров фирмы J&E Hall с производительностью по 1 129,2 кВт. Предполагается совместная работа двух чиллеров для распределения нагрузки, изходя из этого холодильная установка будет нагружена на 48%. Но при этом, если одна из установок выйдет из строя, то на время ремонта вторая способна будет перенять на себя весь объём производства, нагрузка будет составлять 95%.

Гидравлический расчёт

Необходимо определить диаметр трубопроводов для перемещения теплоносителя. Это возможно изходя из формулы[1]:

$$G_c = F \cdot w = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot w, \text{ [м}^3/\text{ч]}, \quad [1]$$

где G_c -расход охлаждающей воды, [кг/с].

w - скорость теплоносителя, задаёмся равным 3,5 м/с.

Из формулы[1], выражаем и находим d :

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0985}{3,14 \cdot 3,5}} = 0,189 \text{ [м]}.$$

$$d = d(\text{ГОСТ } 10704 - 91) = 200 \text{ [мм]}.$$

С помощью полученного диаметра, по формуле[1], найдём скорость теплоносителя:

$$w = \frac{4G}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0985}{3,14 \cdot 0,2^2} = 3,142 \text{ [м/с]}.$$

Далее определяем потери давления по формуле[2]:

$$\Sigma P = \Sigma P_{\text{л}} + \Sigma P_{\text{м}} = 1,1 \Sigma P_{\text{л}}, \quad [2]$$

где $\sum P_m$ -местные потери давления, принимаем равным 1,1; $\sum P_n$ -линейные потери давления, определяются по формуле[3]:

$$\sum P_n = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}, \quad [3]$$

где λ -коэффициент теплопроводности, определяется по формуле[4]:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\kappa_z}{d} \cdot \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad [4]$$

где κ_z - коэффициент, равный 0,0001 м;

Re - критерий Рейнольдса, определяющийся по формуле [5]:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\vartheta} = \frac{3,142 \cdot 0,2}{0,954 \cdot 10^{-6}} = 658\,700,2 \quad [5]$$

где ϑ - кинематическая вязкость, равная $0,954 \cdot 10^{-6} [m^2/c]$ (при $t=23^\circ C$).

Получившееся значение критерия Рейнольдса, поставим[4], получим:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\kappa_z}{d} \cdot \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,0001}{0,2} \cdot \frac{68}{658\,700,2} \right)^{0,25} = 1,7 \cdot 10^{-2}.$$

Значение коэффициента теплопроводности поставим в формулу[3], получим:

$$\sum P_n = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} = 1,7 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{55}{0,2} \cdot \frac{3,142^2 \cdot 1000}{2} = 23\,046,2 \text{ [Па]}.$$

Получившееся значение подставим в формулу[2], тогда получим:

$$\sum P = 1,1 \sum P_n = 1,1 \cdot 23\,046,2 = 25\,351,48 \text{ [Па]}.$$

Потери на давление, исходя из гидравлического расчёта, составят $\sum P = 25\,351,48 \text{ [Па]}$.

Выбор вспомогательного оборудования

Исходя из данных полученных из гидравлического расчёта, найдём необходимый напор:

$$H = z \cdot \frac{w}{2 \cdot g} + \frac{\sum P}{\rho \cdot g}, \text{ [м]}$$

где z -высота, на которую необходимо поднять теплоноситель (до кондиционера), принимаем $z = 10 \text{ [м]}$.

$$H = z \cdot \frac{w}{2 \cdot g} + \frac{\sum P}{\rho \cdot g} = 10 \cdot \frac{3,142}{2 \cdot 9,81} + \frac{25351,48}{1000 \cdot 9,81} = 12,7 \text{ [м]}.$$

Данные:

G (расход воды) = 225,75 $[m^3/ч]$;

H (напор) $\approx 13 \text{ [ата]}$.

Выбираем центробежный насос двустороннего входа, марки 1Д630-90а, технические характеристики, которого представлены в таблице №5.

Таблица №5. Технические характеристики центробежного насоса с двусторонним входом, марки 1Д630-90а

Параметр	Обозначение	Значение	Ед. измерения
Подача	Q	550	м ³ /ч
Напор	H	74	м
Частота вращения	n	1450	об/мин
Максимальная потребляемая мощность	N	185	кВт
Масса насоса	M	524	кг

Поэтому же давлению напора, выбираем водопроводную трубу ПЭ 100 SDR11 ГОСТ 18599-2001 с наружным диаметром 200 мм, технические характеристики представлены в таблице №6.

Таблица №6. Технические характеристики водопроводной трубы ПЭ 100 SDR11

Параметр	Значение
Давление, [ата]	16
Диаметр наружный, [мм]	200
Толщина стенки, [мм]	18,2
Вес 1 метра, [кг]	10,4

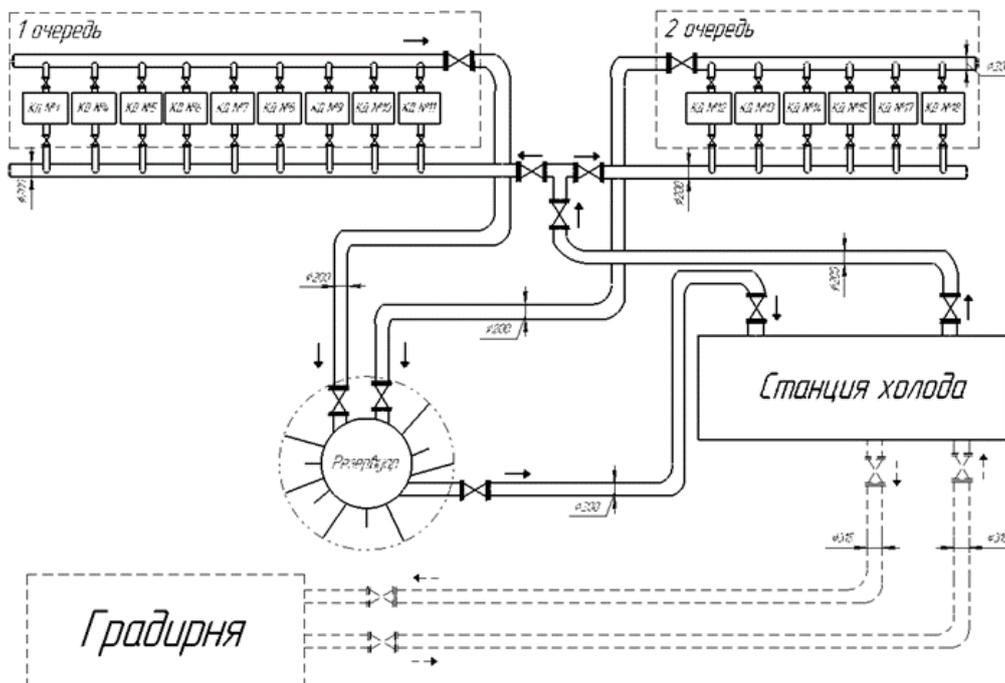


Рисунок 1. Схема модернизации холодоснабжения на «ЕПК Самара»

На Рис.1. представлена модернизированная схема холодоснабжения завода «ЕПК Самара», штриховыми линиями показано оборудование, от которого впоследствии проекта можно отказаться.

По ходу проекта, была представлена настоящая система холодоснабжения, не удовлетворяющая нынешним производственным потребностям. Была предложена новая система энергообеспечения станции, с помощью нового, энергоэкономичного оборудования с большей холодильной производительностью. Что позволило отказаться, от градирни, от значительной части насосного хозяйства, а оставшуюся часть заменить также на более энергоэкономичную. В роле основного оборудования были выбраны чиллеры на промышленных полугерметичных винтовых компрессорах фирмы J&E Hall, с холодопроизводительностью 1129,2 кВт, которые способны обеспечить необходимые климатические условия для термоконстантных зон, при меньшем потреблении энергии.

Список литературы

1. Николаев А.А. Справочник проектировщика. – Москва; Стройиздат, 2012.
 2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология.
 3. СП 60.13330.2012 Свод правил отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
 4. [Электронный ресурс]: <https://formulaklimata.ru/blog/freon-r407s-opisanie-texnicheskie-karakteristiki-ceny> (дата обращения 31.03.19).
 5. [Электронный ресурс]: <http://www.frigodesign.ru/price> (дата обращения 31.03.19).
-