

Энергоэффективность холодильного оборудования на озонобезопасных хладагентах

*Д-р техн. наук, проф., акад. МАХ
Тимофеев Б.Д. ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны»
НАН Беларуси, г. Минск*

**Теоретические исследования
эффективности холодильного
термодинамического цикла на
рекомендуемых западом
озонобезопасных хладагентах взамен
R22 показывают,**

**что по величине холодильного
коэффициента ε они при одинаковых
параметрах цикла меньше R22 [1].**

Таблица 1 Результаты расчетов основных параметров холодильного термодинамического цикла на R22 и озонобезопасных хладагентах для торгового оборудования холодопроизводительностью $Q_0=5$ кВт при температуре кипения в испарителе $t(1'') = -10^\circ\text{C}$ и конденсации $t(2'') = 35^\circ\text{C}$.

Хладагент	P(1), бар	P(2), бар	t(2), °C	ε	Q_v , м ³ /ч	q_v , кДж/м ³	Nк, кВт	Q_r , кВт	Nr, кВт	GWP
R22	5,55	13,75	82,39	3,44	7,87	2288	1,45	5,0	1,45	1700
R404a	4,51	16,25	56,9	3,21	7,56	2380	1,56	5,2	1,61	3850
R407c	3,40	13,59	67,4	3,59	6,25	2183	1,39	4,8	1,34	1620
R410a	7,73	21,48	74,7	3,37	5,12	3514	1,48	7,68	2,28	1370
R507a	4,69	16,60	54,8	3,27	7,19	2505	1,53	5,47	1,67	3900
S22M	3,03	11,93	55,6	3,40	9,91	1816	1,47	3,97	1,17	1950
S22L	4,01	15,03	51,7	3,24	8,15	2208	1,54	4,82	1,49	2450
R32	5,83	21,90	92,6	3,35	4,79	3761	1,49	8,22	2,45	650

В таблице 1 приняты обозначения: $P(1)$ и $P(2)$ – давление хладагента в испарителе и в конденсаторе, соответственно; $t(2)$ – температура хладагента на выходе компрессора, ε – холодильный коэффициент цикла, Q_v – объемный расход хладагента, q_v – удельная объемная холодопроизводительность цикла, N_r и Q_r – расчетная мощность компрессора и холодопроизводительность испарителя при ретрофите с хладагента R22, соответственно; GWP – глобальный тепловой потенциал хладагента.

Из таблицы 1 видно, что величина холодильного коэффициента цикла ϵ только у R407c выше R22 на 4%.

У других озонобезопасных хладагентов она ниже от 3 до 10%.

Особое внимание необходимо уделить величине мощности компрессора N_r при его переводе с R22 на новый хладагент.

Необходимо провести оценку холодопроизводительности испарителя и теплопроизводительности конденсатора на новом хладагенте.

Если с позиции защиты озонового слоя Земли переход на озонобезопасные хладагенты решен положительно, то открытым вопросом в ближайшей перспективе будет использование хладагентов группы HFC с $GWP > 100$ [2].

**Повышение энергоэффективности
холодильного оборудования на новых
хладагентах возможно**

**за счет использования тепловой энергии
хладагента при его охлаждении от температуры
сжатия $t(2)$ в компрессоре до температуры в
конденсации в дополнительном
теплообменнике типа хладагент-вода**

**Подогретую воду в таком теплообменнике
можно использовать на собственные нужды.**

Экономическим обоснованием для разработки таких схем являются удельные цены (\$/ГДж) на энергоносители, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2. Удельная цена энергоносителей в Республике Беларусь на март 2014 года при расчетном курсе Br/\$ USA = 9980.

№ п/п	Наименование энергоносителя	Цена, тыс. Br	Цена, \$ USA	Удельная цена, \$/ГДж	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	Природный газ, 1000 м куб.:	1			Покупная РБ
	Промышленные предприятия	532,8	165	4,95	
	Население	2554,7	275	8,25	
		933,6	100,4	3,01	
2	Тепловая энергия, Гкал:				
	Промышленные предприятия	783,3	84,3	20,1	
	Население	68,8	7,41	1,77	
3	Электроэнергия, кВт·ч:				39,5/20,1=1,96
	Промышленные предприятия	1,322	0,142	39,5	
	Население	0,564	0,061	16,9	
					16,9/1,77=9,54

В таблице 2 показано, что при покупке тысячи м³ природного газа в России за 165 \$ США его удельная цена составляет 4,95 \$/ГДж.

Для промышленных предприятий удельная цена:

за природный газ—	8,25 \$/ГДж,
за электроэнергию —	39,5 \$/ГДж,
за тепловую энергию —	20,1 \$/ГДж.

Для населения удельная цена:

за природный газ —	3,01 \$/ГДж,
за электроэнергию —	16,9 \$/ГДж,
за тепловую энергию —	1,77 \$/ГДж.

Отношение удельных цен электроэнергии к тепловой энергии

для промышленных предприятий — **1,96** ,
для населения — 9,54. соответственно.

Только для промышленных предприятий, агропромышленного комплекса и торговли величина **1,96** является основанием для разработки предложений преобразования бросовых тепловых потоков на собственные нужды.

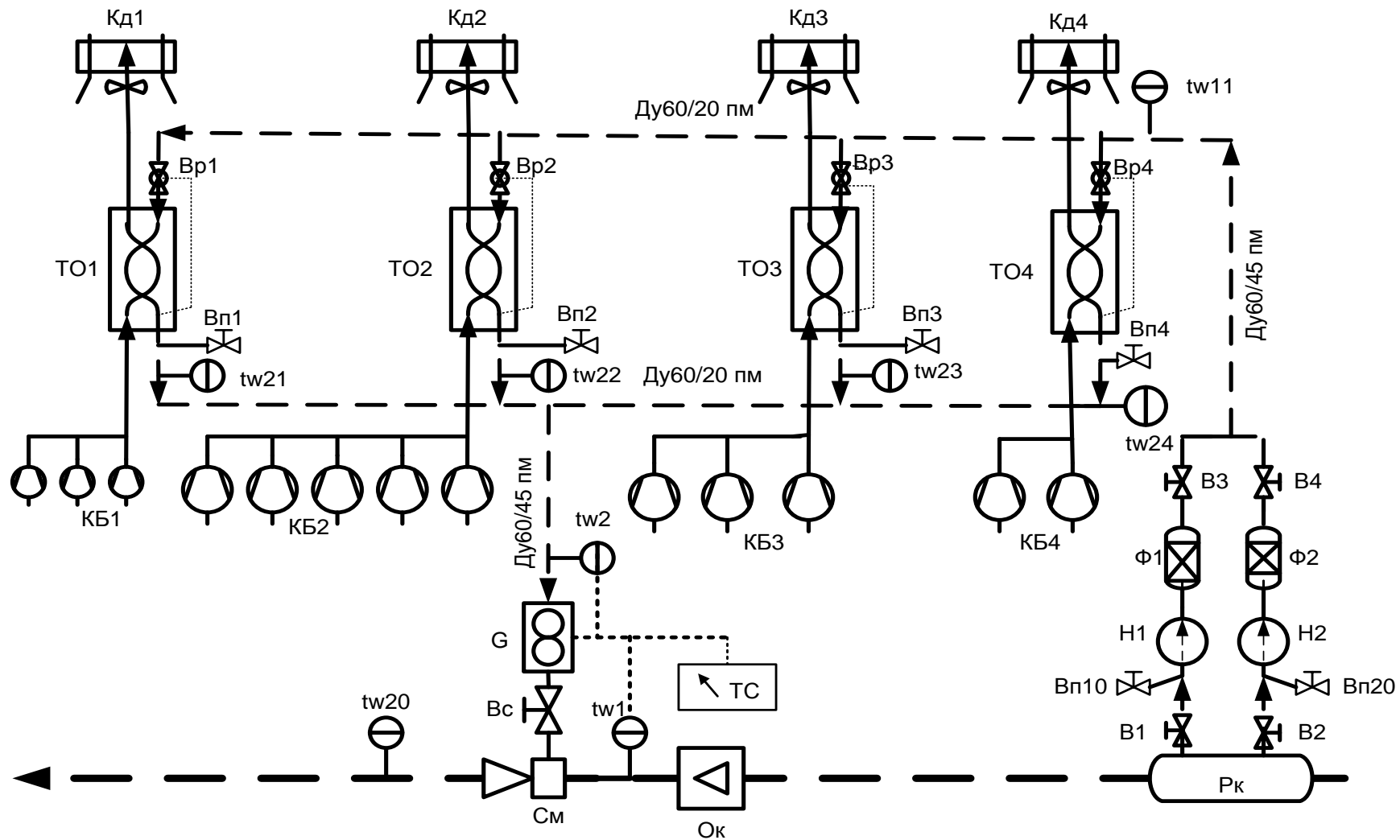


Рисунок 1 - Принципиальная схема охлаждения хладагента на выходе компрессорных блоков и подогрева обратной воды торгового центра PROSTOR-«Чижовка»,

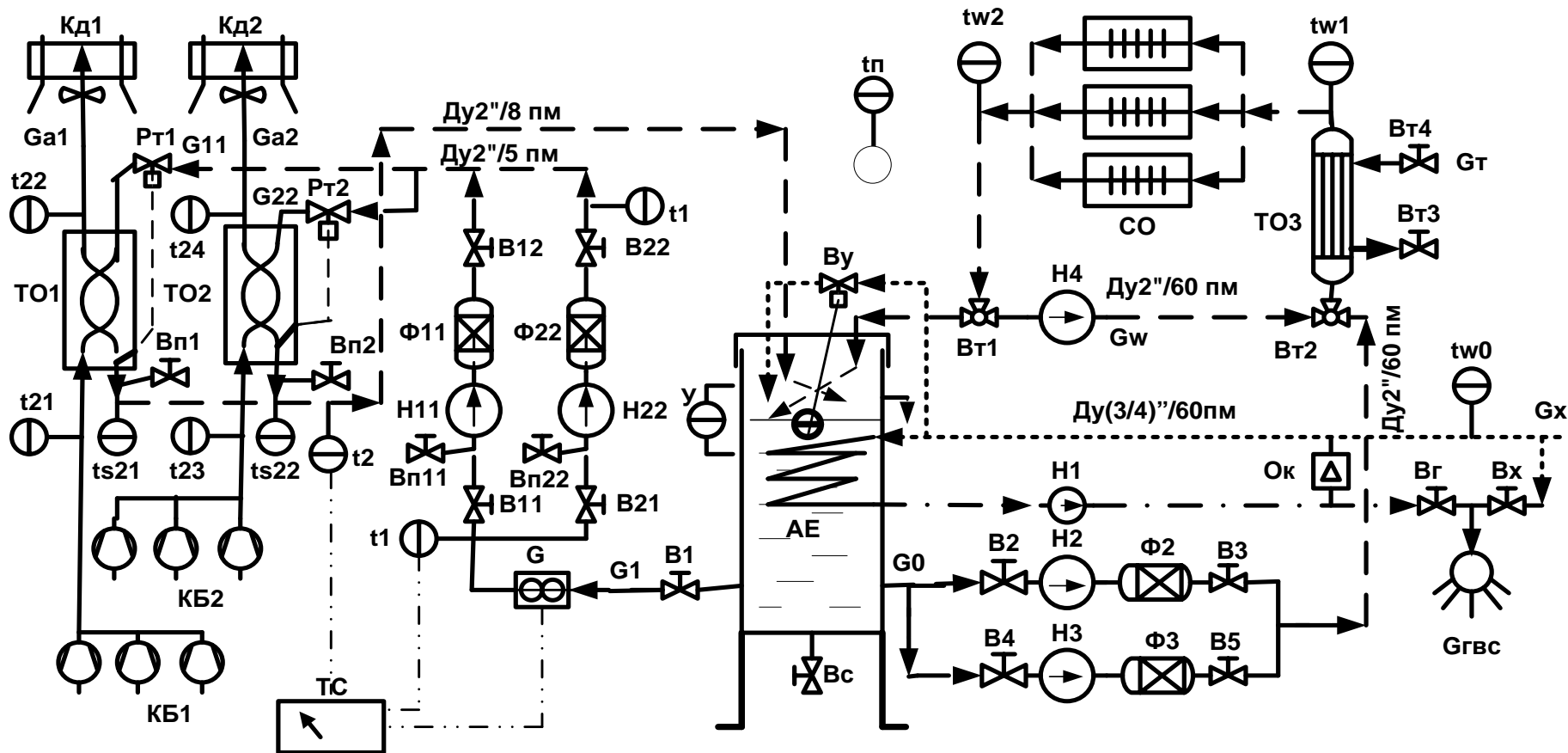


Рисунок 2 – Принципиальная схема охлаждения хладагента на выходе компрессорных блоков для отопления торгового помещения и подогрева воды на собственные нужды объекта «Могилевский торговый центр»

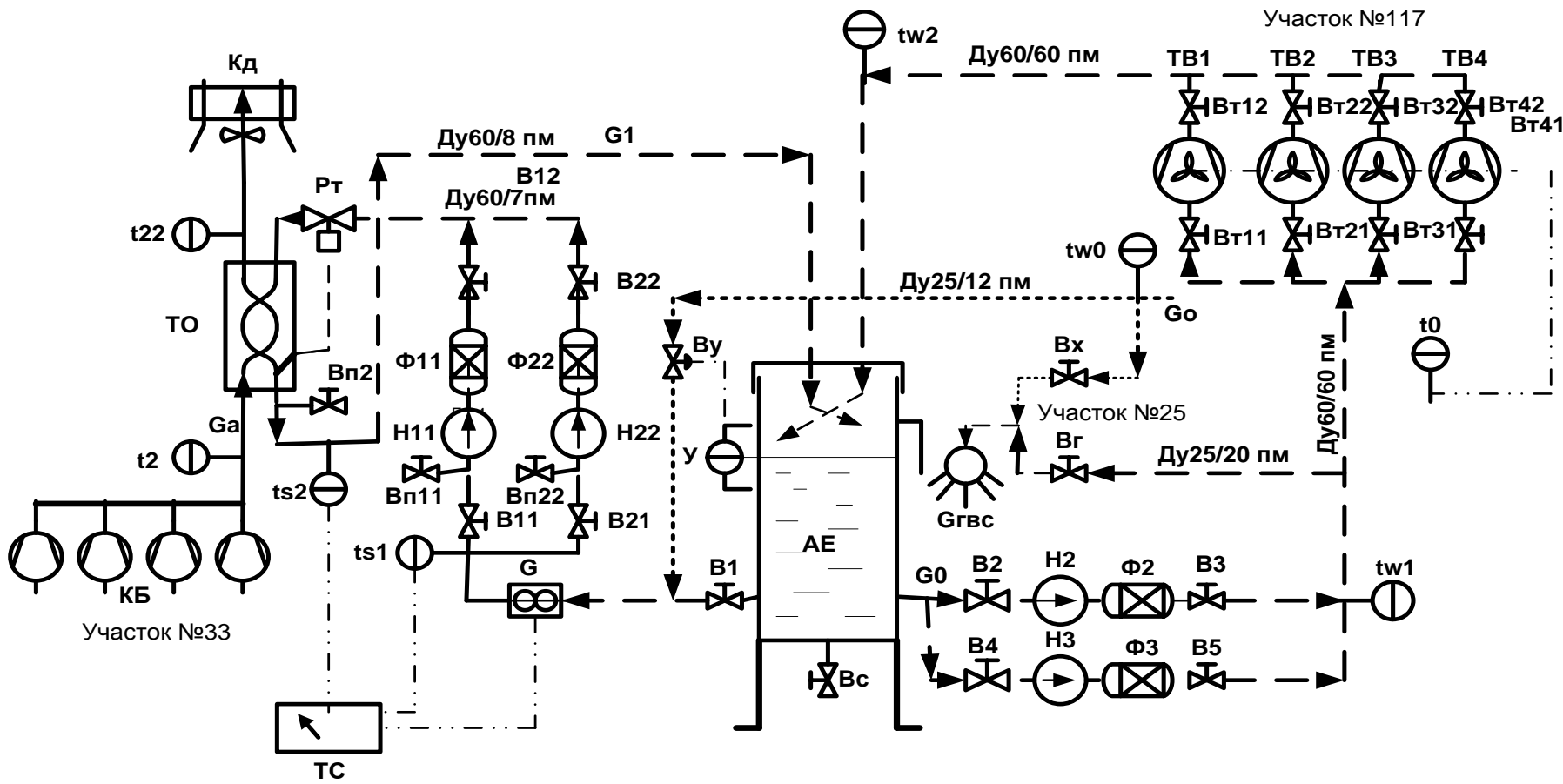


Рисунок 3 – Принципиальная схема охлаждения хладагента на выходе компрессорных блоков (участок №33) для подогрева воды на собственные нужды двух участков (№ 25 и 117) мясоперерабатывающего комбината "Тарасово".

Технико-экономические расчеты показывают:

для подогрева обратной воды собственной котельной торгового центра PROSTOR-«Чижовка», теплопроизводительность –50 кВт, стоимость оборудования – 83,9 млн. руб., окупаемость – 0,8 года;

для отопления и подогрева воды на собственные нужды объекта ”Могилевский торговый центр” теплопроизводительность 30 кВт стоимость оборудования – 118,2 млн. руб., окупаемость – 1,8 года;

для отопления и подогрева воды на собственные нужды мясоперерабатывающего комбината ”Тарасово”, теплопроизводительность – 20 кВт, стоимость оборудования – 204,9 млн.руб., окупаемость – 2,4 года.

Расчетные сроки окупаемости разработанных предложений не превышают 2,5 лет, что составляет предмет новизны и рекомендуются для внедрения.

Спасибо за внимание

Моб. Тел. +375 29 556 83 54

E-mail: bortim@tut.by

apimh@tut.by