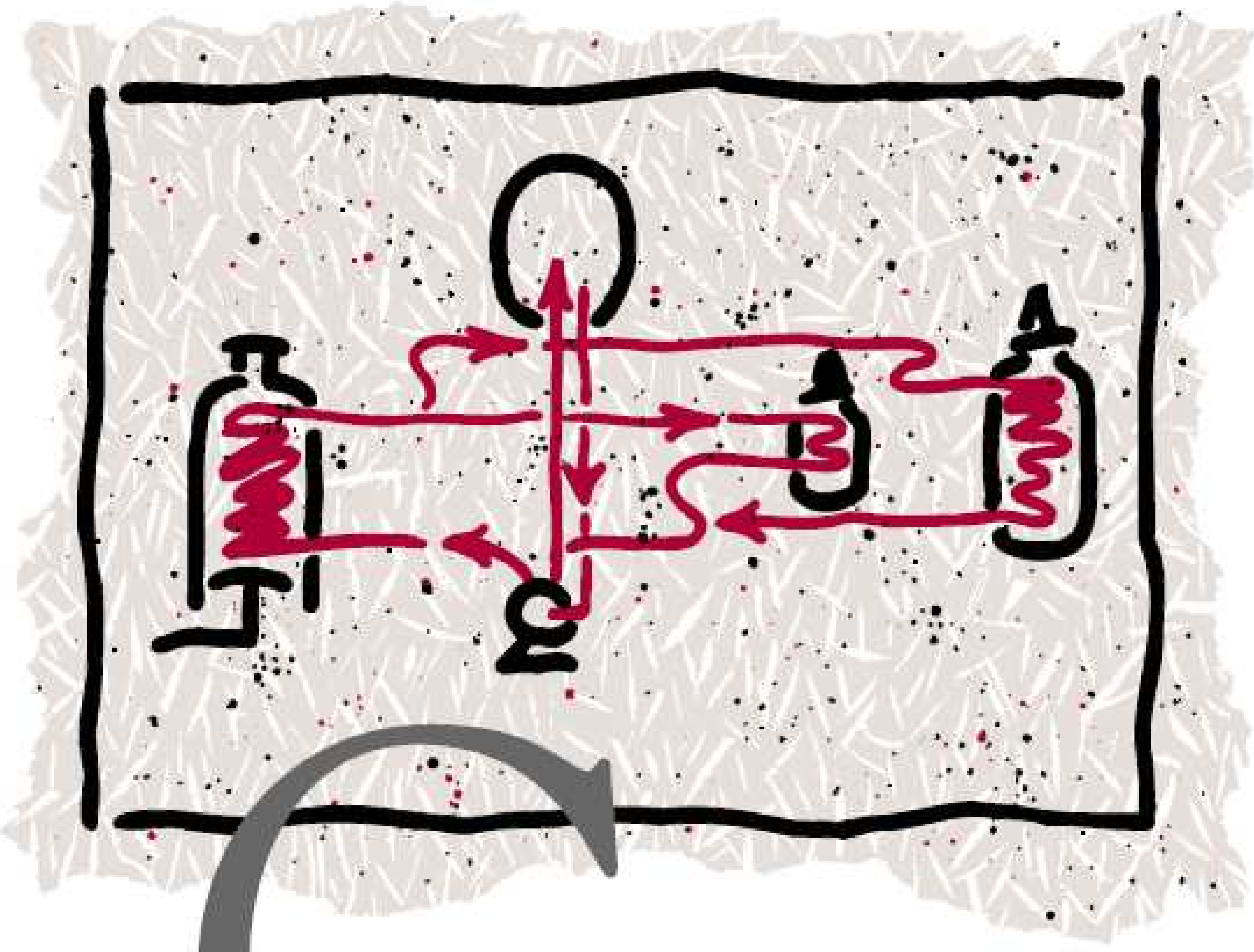
Теплоноситель Dowtherm G



Техническая Брошюра

Теплоноситель DOWTHERM G обеспечивает высокую эффективность работы при низком избыточном давлении в системе

Теплоноситель DOWTHERM G представляет собой смесь ди- и триарилов, обеспечивающих высокую эффективность теплоносителя в жидкофазных теплообменных системах с рабочими температурами от -6 до 360 °C. DOWTHERM G является высокостабильным теплоносителем с низким давлением паров, позволяет минимизировать проблемы, возникающие при случайном перегреве при прямом контакте теплообменника с греющим пламенем, при запуске нагревателя или при нарушениях циркуляции.

Запуск теплообменной системы облегчается благодаря превосходной текучести теплоносителя при низких температурах. DOWTHERM G имеет высокие температуры вспышки, воспламенения и самовоспламенения, при комнатной температуре не представляет пожароопасности.

В дополнение к преимуществам DOWTHERM G, компания Dow предлагает технический сервис. Он включает техническую поддержку при проектировании и работе теплообменной системы, а также бесплатный физико-химический анализ для мониторинга состояния теплоносителя.

При замене старого теплоносителя DOWTHERM G действует кредитная программа Dow, позволяющая вернуть старый теплоноситель и получить кредит для покупки нового теплоносителя.

Критерии выбора теплоносителя

Стабильность

Теплоноситель DOWTHERM G обладает хорошей термической стабильностью при температурах до 360 °C. Максимальная рекомендуемая температура в пленочном слое 385 °C.

Температура замерзания

Теплоноситель DOWTHERM G состоит из соединений, не имеющих фиксированной температуры замерзания. Теплоноситель может переохлаждаться или же формировать кристаллы ниже 4 °C. При циркулировании теплоноситель может сохранять прокачиваемость до весьма низких температур. Минимальная температура прокачиваемости жидкостей определяется большинством производителей насосов как температура, при которой вязкость жидкости становится равной 1000 сП (1000 мПа·с).

Давление пара

Теплоноситель DOWTHERM G может применяться в теплообменных системах до температуры 360 °C, при этом избыточное давление составит 3,4 бар.

Термическая стабильность

Термическая стабильность теплоносителя зависит не только от его химического состава, но также от конструкции и рабочих температур системы, в которой он работает. Максимальная продолжительность работы теплоносителя может быть достигнута при учёте нижеследующих рекомендаций по конструкции теплообменной системы. Тремя ключевыми аспектами являются: конструкция и работа нагревателя; предотвращение химического загрязнения теплоносителя; исключение контакта теплоносителя с воздухом.

Конструкция и работа нагревателя

Неправильная конструкция и/или работа пламенного нагревателя может привести к перегреву и интенсивному термическому разрушению теплоносителя. Если нагреватель работает при высоких температурах, он должен быть рассчитан на минимальную скорость теплоносителя 2 м/с; в большинстве случаев скорость теплоносителя составляет 2-4 м/с. Выбор скорости теплоносителя будет зависеть от экономического баланса между стоимостью прокачки и площадью поверхности теплообмена. Ограничения обычно накладываются на величину теплового потока производителем оборудования. Этот тепловой поток определяется по максимальной температуре в тонком слое теплоносителя в условиях конкретной установки. Ниже перечислены некоторые проблемные технические моменты, которые необходимо избегать:

1. Прямой контакт теплообменника с пламенем (наброс пламени).

2. Работа нагревателя с мощностью, выше номинальной.

3. Модификация процедуры получения топливо-воздушной смеси. Это может привести к увеличению высоты и температуры пламени, а также теплового потока.

4. Низкая скорость теплоносителя или значительная площадь теплообменника могут привести к перегреву теплоносителя в пленочном слое. Производитель пламенного нагревателя должен ознакомиться с требованиями к вашей теплообменной системе.

Химическое загрязнение
Относительно низкая термическая стабильность теплоносителя при высоких температурах может быть вызвана первичным химическим загрязнением теплообменной системы. Термическое разложение химических примесей может происходить весьма быстро, что может привести к коррозии конструкционных элементов установки. Серьезность и природа коррозии будет зависеть от количества и типа примесей, введенных в систему.

Окисление воздухом
Органические теплоносители, работающие при высоких температурах, подвержены окислению кислородом воздуха. Степень и скорость окисления зависят от температуры и характера контакта теплоносителя с воздухом. Продукты реакций окисления могут включать карбоксильные кислоты, способные привести к нежелательным последствиям. Необходимо предпринять меры по удалению воздуха из системы до того, как теплоноситель будет нагрет до рабочих температур. Во время работы установки в расширительном баке должно поддерживаться избыточное давление инертного газа.
Теплоноситель может эксплуатироваться при температурах, превышающих рекомендованный максимальный рабочий предел, если это будет экономически оправданным вследствие более высокой скорости его разложения. Такие установки будут требовать более внимательного контроля качества циркуляции, снижения тепловых потоков и более частой замены теплоносителя.

Коррозионная активность
Теплоноситель DOWTHERM RP не проявляет коррозионной агрессивности по отношению к обычным конструкционным металлам и сплавам. Даже при высоких эксплуатационных температурах оборудование обычно демонстрирует продолжительный срок службы. Конструкционные элементы могут быть изготовлены из различных марок стали, в т.ч. нержавеющих, монель-металла и др. сплавов.
Большая часть коррозионных проблем возникает вследствие внесения в систему химических загрязнений после химических отмывок или технологических материалов из-за протечки оборудования. Серьезность и природа коррозии будет зависеть от количества и типа введенных загрязнений.
Ниже приведены конструкционные материалы и несовместимые с ними возможные химические примеси в теплоносителе:

Конструкционный материал	**Загрязнение**
Нержавеющая аустенитная сталь	Хлориды
Никель	Соединения серы
Медные сплавы	Аммиак, соли аммония

Воспламеняемость
Теплоноситель DOWTHERM G является горючим веществом. Его температура вспышки составляет 138 °С, а температура самовоспламенения 432 °С (ASTM E659-78). Предел безопасности, определяемый температурой самовоспламенения, является важной характеристикой, за пределы которой не должны выходить запланированные и незапланированные колебания температуры теплоносителя.
Иногда случаются утечки пара в атмосферу, которых, однако, следует избегать из-за высокой стоимости восполнения потерь теплоносителя. Практика показала, что в этом случае пар обычно быстро охлаждается ниже температуры вспышки и воспламенение случается крайне редко. Протечки из трубопровода в теплоизоляцию представляют потенциальную опасность, т.к. могут привести к воспламенению в теплоизоляции. Замечено, что утечки органических веществ в некоторые типы теплоизоляции при повышении температуры могут привести к спонтанному возгоранию вследствие самоокисления вещества.
Пары DOWTHERM G при комнатной температуре не представляют серьезной пожароопасности, поскольку их насыщенная концентрация значительно ниже предела воспламенения. В некоторых условиях может формироваться способный к воспламенению туман.
Правильно эксплуатируемый DOWTHERM G не представляет какой-либо необычной пожароопасности.

Здравоохранение, безопасность и охрана окружающей среды
Карту данных по безопасности можно получить в ближайшем представительстве Dow Chemical. Карта данных по безопасности содержит исчерпывающую информацию по безопасному обращению с продуктом. Перед использованием продукта изучите эту информацию.
Должен осуществляться контроль по предотвращению попадания значительных количеств продукта в воды общественного пользования. Теплоноситель не рекомендуется к применению в пищевой промышленности, где возможны его утечки.

Испытания на лабораторных животных показали низкую пероральную токсичность теплоносителя. Одноразовая пероральная LD_{50} для крыс составляет менее 2000 мг/кг.
DOWTHERM G оказывает слабое раздражающее действие на кожу и глаза. Однако продолжительных и повторяющихся контактов с кожей следует избегать; при возможности поражения глаз необходимо использовать соответствующие защитные средства.
Потенциальная возможность адсорбции DOWTHERM G в остром токсичном количестве через кожу минимальна, его трансдермальная LD_{50} превышает значение 3160 мг/кг.
Вследствие физических свойств теплоносителя, его парообразование при комнатной температуре минимально. При нормальных температурах эксплуатации значительные концентрации паров или тумана могут образовываться из-за утечек или проливов теплоносителя. Хотя пары теплоносителя не вызывают раздражения верхних дыхательных путей, следует избегать пребывания в местах с высокой концентрацией пара или тумана.
В аварийных ситуациях, при выбросе значительного количества теплоносителя, рабочие должны иметь защитные респираторы, пригодные для контакта с органическими веществами. При недостатке кислорода, рабочие должны быть оснащены масками с подачей воздуха или индивидуальными дыхательными аппаратами. При нормальных условиях эксплуатации уровень загрязнения атмосферы должен не превышать предела, выше которого запах теплоносителя будет вызывать дискомфорт.

Сервис для покупателей и пользователей теплоносителя DOWTHERM G

Анализ теплоносителя
Компания Dow Chemical предлагает сервис физико-химического анализа теплоносителя DOWTHERM G. Для этого рекомендуется по крайней мере ежегодно направлять 0,5 литра представительного образца по одному из адресов:

North America & Pacific
The Dow Chemical Company
Larkin Lab/Thermal Fluids
1691 North Swede Road
Midland, Michigan 48674
United States of America

Europe
Dow Benelux NV
Syltherm and Dowtherm Testing
Laboratory
Oude Maasweg 4
3197 KJ Rotterdam – Botlek
The Netherlands

Latin America
Dow Quimica S.A.
Fluid Analysis Service
1671, Alexandre Dumas
Santo Amaro – Sao Paulo –
Brazil 04717-903

Результаты анализа показывают изменение свойств теплоносителя, которые помогут определить вероятность нарушений работы теплоносителя вследствие его загрязнения или термического разрушения.
Если образец отбирается из горячей системы, он должен быть охлажден до температуры ниже 40 °С перед помещением в транспортируемый контейнер. Охлажденный образец исключит вероятность термического ожога персонала, а также температура образца будет значительно ниже температуры вспышки и кипения теплоносителя, что снизит интенсивность его испарения.
Охлаждение может производиться двумя способами. Первый способ подразумевает наличие специального коллектора, в который теплоноситель сливается из системы и охлаждается ниже 40 °С. После охлаждения теплоноситель сливается в контейнер для отправки.
По второму способу теплоноситель запускается в строенный стальной змеевик,. где он движется с очень низкой скоростью и охлаждается до температуры 40 °С или ниже перед сливом в коллектор. Перед отбором образца змеевик и коллектор должны быть полностью опорожнены и очищены. Слитый теплоноситель может быть возвращен в систему или удален как отход в соответствии с установленными правилами.
Важно, чтобы отсылаемый для анализа образец в должной степени отражал изменения теплоносителя в системе. Обычно образец отбирается из главной циркуляционной линии жидкофазной системы. Дополнительные образцы могут быть взяты из частей системы, где существуют специфические проблемы. По требованию может быть произведен детальный анализ теплоносителя.
Образцы использованного теплоносителя, хранившегося в бочках или цистернах, также должны отбираться способом, гарантирующим предоставление представительных проб.

Программа возврата теплоносителей DOWTHERM

В маловероятных случаях, когда у вас возникла потребность замены теплоносителя DOWTHERM G, Dow предлагает программу возврата теплоносителей. Если анализ образца покажет значительную степень термического разложения теплоносителя, покупателю будет рекомендована замена теплоносителя в его системе.

Если теплоноситель загрязнен органическими веществами низкой термической стабильности, такой теплоноситель может оказаться непригодным для переработки и неподлежащим замене в соответствии с программой возврата. В этом случае покупатель будет осведомлен о невозможности переработки теплоносителя и его возврата в Dow. Теплоноситель не должен отправляться в Dow до получения извещения о результатах полного анализа.

Если анализ покажет необходимость замены теплоносителя, покупатель должен оформить заказ на необходимое количество теплоносителя для замены до отправки старого теплоносителя в Dow.

В соответствии с программой возврата, Dow будет кредитовать покупателя для восстановления всего количества используемого теплоносителя. Программа возврата позволит покупателю минимизировать инвестиции и потери из-за простоя оборудования, при этом гарантируя замену теплоносителя на высококачественный продукт.

Перед возвратом теплоносителя для получения кредита, чтобы получить детальную информацию, соединитесь с ближайшим представительством Dow.

Таблица 1. Физические свойства DOWTHERM G*

Состав: смесь ди- и триарильных соединений	
Цвет: от бесцветного до коричневого	
Свойство	**Единица измерения**
Температура кристаллизации	<-4 °C
Температура кипения при атмосферном давлении	289 °C
Температура вспышки[1]	137 °C
Температура самовоспламенения[2]	432 °C
Нижний предел воспламеняемости[3]	0,44 об.% при 200 °C
Верхний предел воспламеняемости[3]	5,2 об.% при 200 °C
Расчетные критические постоянные $T_к$ $P_к$ $V_к$	 548 °C 27,56 бар 3,150 л/кг
Средняя молекулярная масса	204,6
Плотность при 25 °C	1043,0 кг/м^3

* Не должны рассматриваться как спецификация
[1] Закрытый тигель
[2] ASTM E 659-78
[3] Расчетные величины

Таблица 2. Свойства DOWTHERM G

Температура, °C	*Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)*	*Плотность, кг/м3*	*Теплопроводность, Вт/(м·К)*	*Вязкость, мПа·с*	*Давление пара, бар*
-5	1,458	1066,2	0,1293	55,9	
0	1,476	1062,4	0,1288	38,2	
5	1,493	1058,5	0,1282	27,3	
10	1,511	1054,6	0,1276	20,4	
15	1,528	1050,7	0,1270	15,7	
20	1,546	1046,9	0,1264	12,5	
25	1,563	1043,0	0,1259	10,2	
30	1,581	1039,1	0,1253	8,4	
35	1,598	1035,3	0,1247	7,1	
40	1,616	1031,4	0,1241	6,1	
45	1,633	1027,5	0,1235	5,3	
50	1,651	1023,6	0,1230	4,6	
55	1,668	1019,8	0,1224	4,1	
60	1,686	1015,9	0,1218	3,65	
65	1,703	1012,0	0,1212	3,28	
70	1,720	1008,1	0,1206	2,96	
75	1,738	1004,3	0,1201	2,69	
80	1,755	1000,4	0,1195	2,46	
85	1,773	996,5	0,1189	2,26	
90	1,790	992,6	0,1183	2,08	
95	1,808	988,8	0,1177	1,92	
100	1,825	984,9	0,1172	1,78	
105	1,843	981,0	0,1166	1,66	
110	1,860	977,1	0,1160	1,55	
115	1,878	973,3	0,1154	1,45	
120	1,895	969,4	0,1148	1,36	0,01
125	1,913	965,5	0,1143	1,27	0,01
130	1,930	961,6	0,1137	1,20	0,01
135	1,948	957,8	0,1131	1,13	0,01
140	1,965	953,9	0,1125	1,07	0,01
145	1,983	950,0	0,1119	1,01	0,02
150	2,000	946,1	0,1114	0,96	0,02
155	2,018	942,3	0,1108	0,91	0,02
160	2,035	938,4	0,1102	0,86	0,03
165	2,053	934,5	0,1096	0,82	0,04
170	2,070	930,7	0,1090	0,78	0,04
175	2,088	926,8	0,1085	0,74	0,05
180	2,105	922,9	0,1079	0,71	0,06
185	2,123	919,0	0,1073	0,68	0,07
190	2,140	915,2	0,1067	0,65	0,08
195	2,158	911,3	0,1061	0,62	0,10
200	2,175	907,4	0,1056	0,59	0,11
205	2,193	903,5	0,1050	0,57	0,13
210	2,210	899,7	0,1044	0,55	0,15
215	2,228	895,8	0,1038	0,52	0,18
220	2,245	891,9	0,1032	0,50	0,20
225	2,263	888,0	0,1027	0,48	0,23
230	2,280	884,2	0,1021	0,47	0,26
235	2,297	880,3	0,1015	0,45	0,30
240	2,315	876,4	0,1009	0,43	0,34
245	2,332	872,5	0,1003	0,42	0,38
250	2,350	868,7	0,0998	0,40	0,43
255	2,367	864,8	0,0992	0,39	0,49
260	2,385	860,9	0,0986	0,37	0,55
265	2,402	857,0	0,0980	0,36	0,61
270	2,420	853,2	0,0974	0,35	0,68
275	2,437	849,3	0,0969	0,34	0,76
280	2,455	845,4	0,0963	0,33	0,84
285	2,472	841,6	0,0957	0,32	0,93
290	2,490	837,7	0,0951	0,31	0,03
295	2,507	833,8	0,0945	0,30	1,14
300	2,525	829,9	0,0940	0,29	1,25
305	2,542	826,1	0,0934	0,28	1,38
310	2,560	822,2	0,0928	0,27	1,51
315	2,577	818,3	0,0922	0,27	1,66
320	2,595	814,4	0,0916	0,26	1,81
325	2,612	810,6	0,0911	0,25	1,98
330	2,630	806,7	0,0905	0,24	2,16
335	2,647	802,8	0,0899	0,24	2,35
340	2,665	798,9	0,0893	0,23	2,55
345	2,682	795,1	0,0887	0,22	2,77
350	2,700	791,2	0,0882	0,22	3,00

Рис. 1. Теплопроводность DOWTHERM G

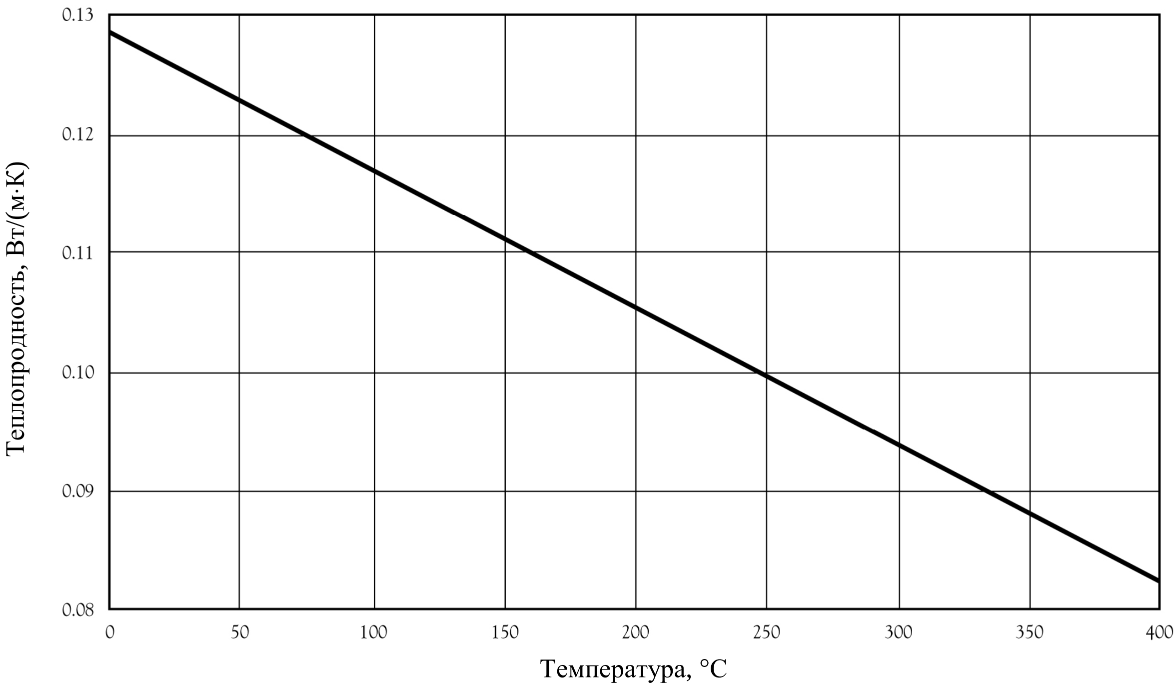


Рис. 2. Расчетная теплота испарения DOWTHERM G

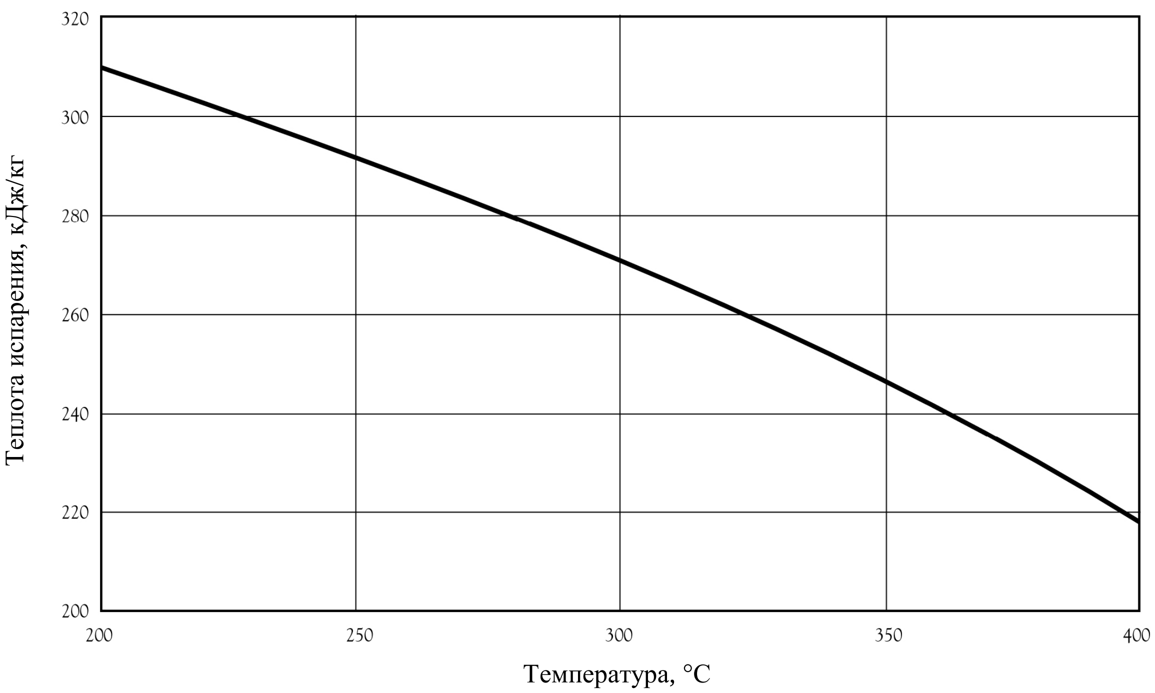


Рис. 3. Давление пара DOWTHERM G

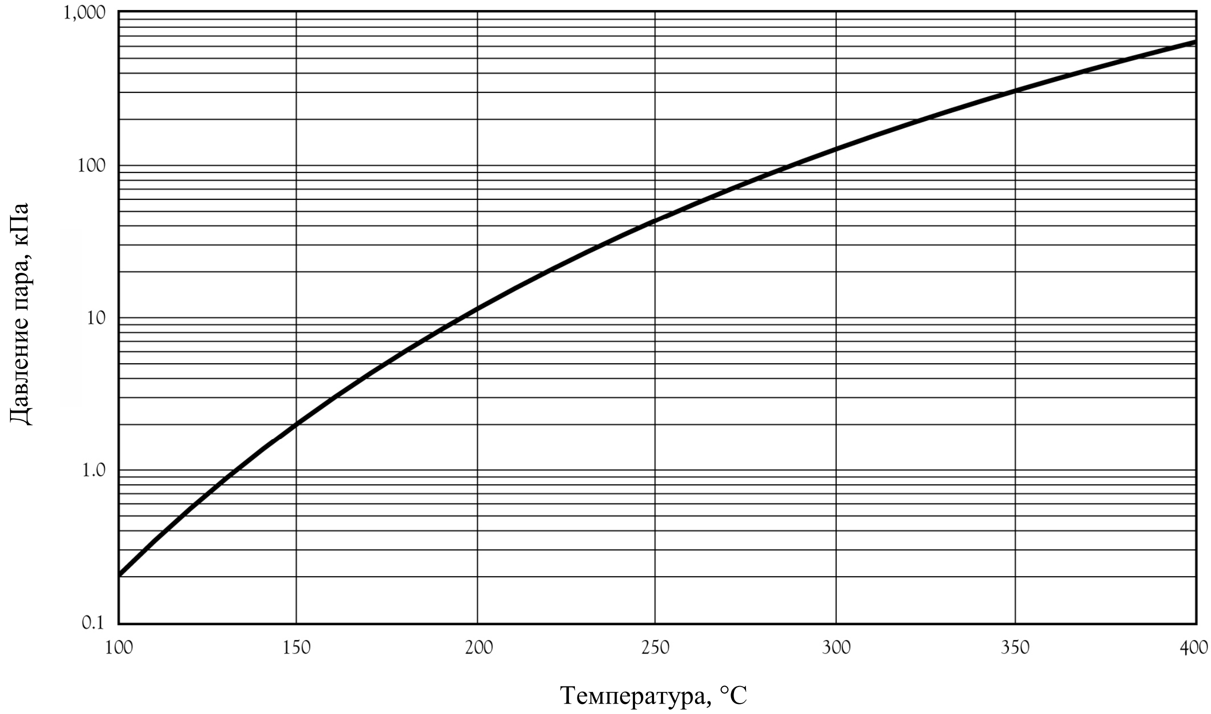


Рис. 4. Теплоемкость DOWTHERM G

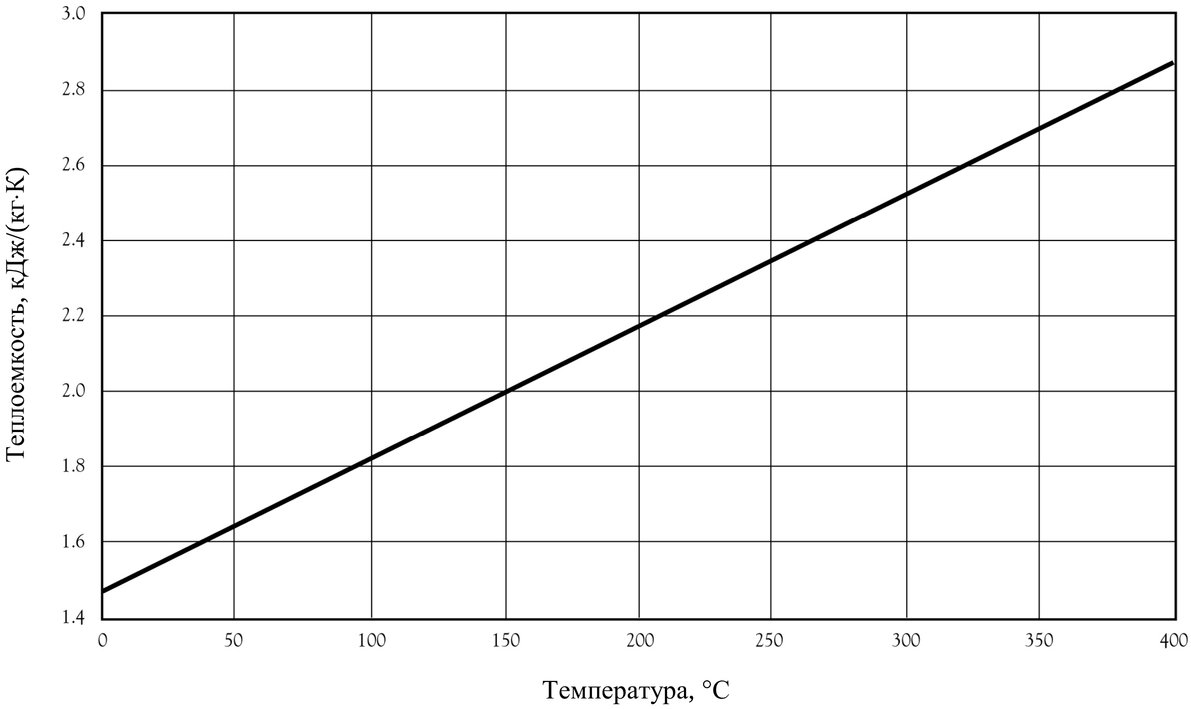


Рис. 5. Плотность DOWTHERM G

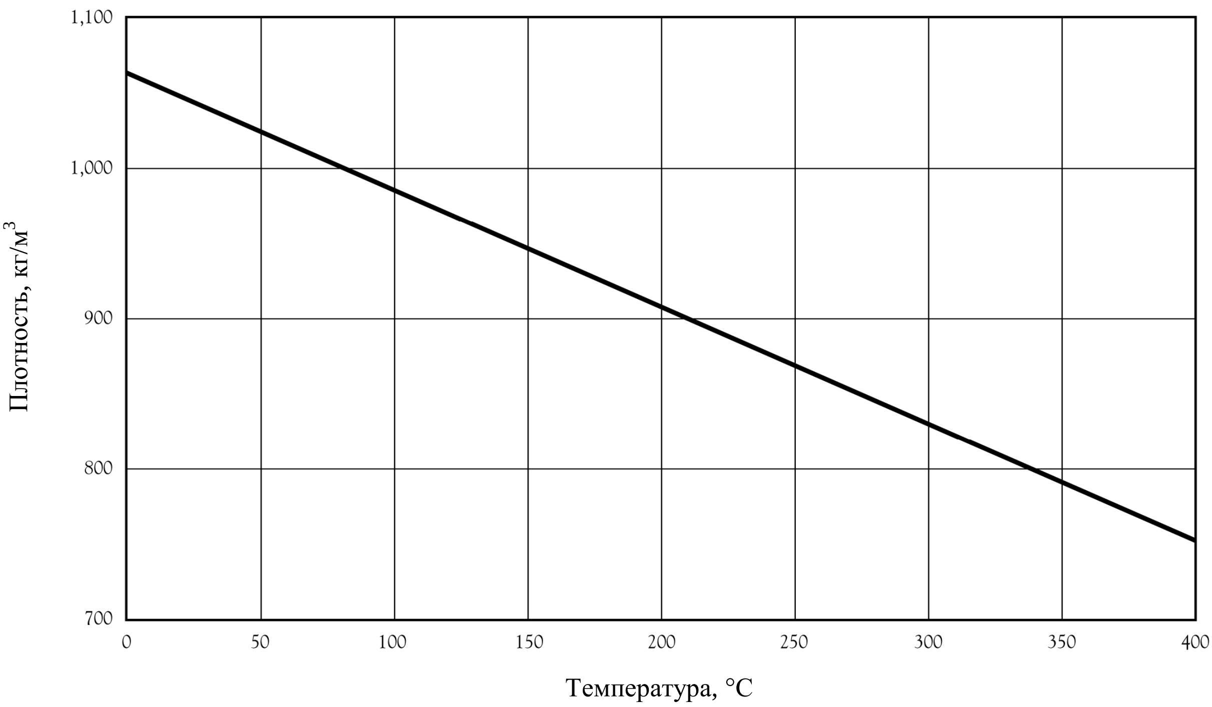


Рис. 6. Вязкость DOWTHERM G

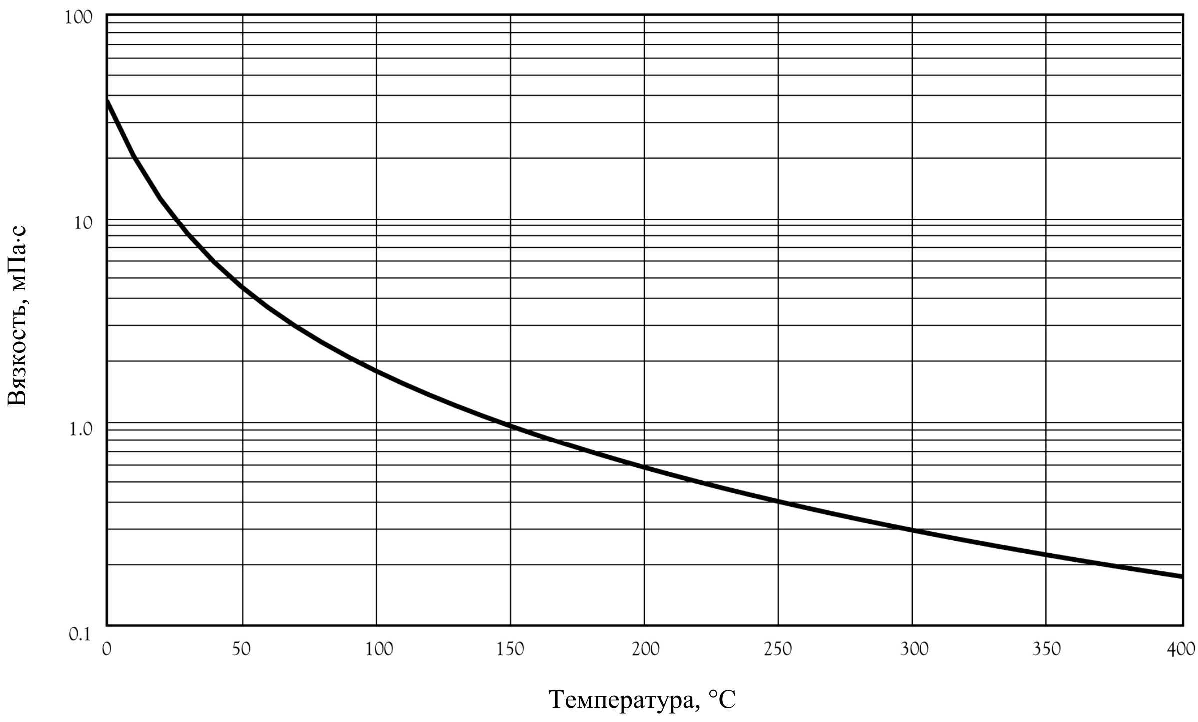
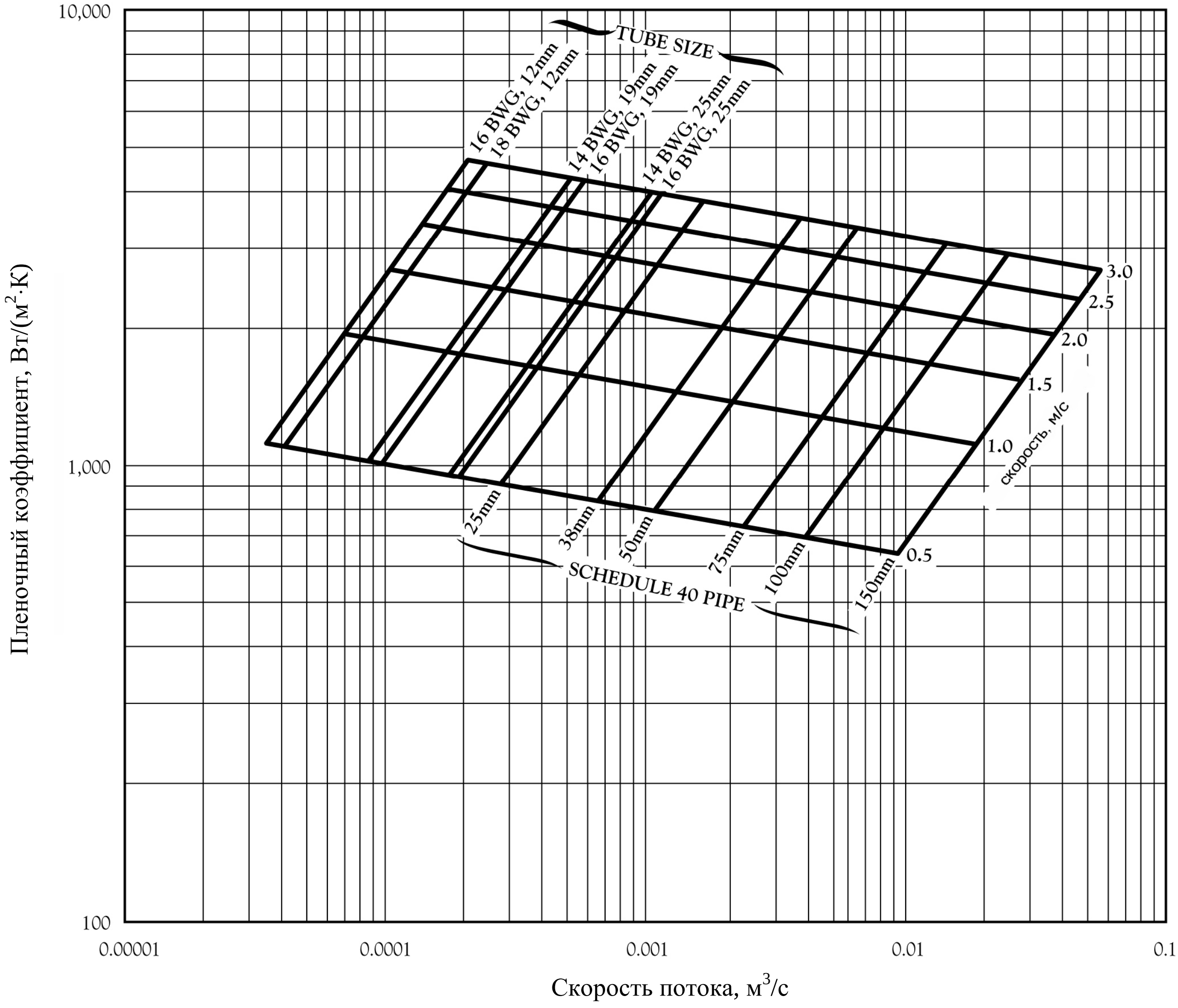
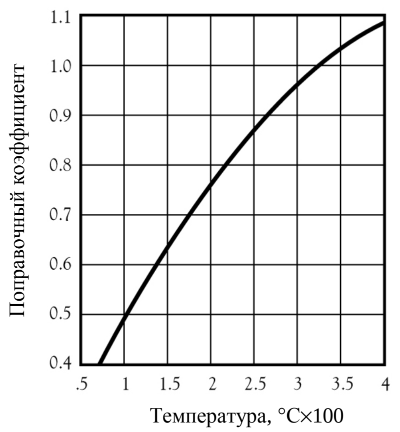


Рис. 7. Жидкопленочный коэффициент DOWTHERM G внутри труб и змеевиков различного размера (для турбулентного потока)



Температурный поправочный коэффициент

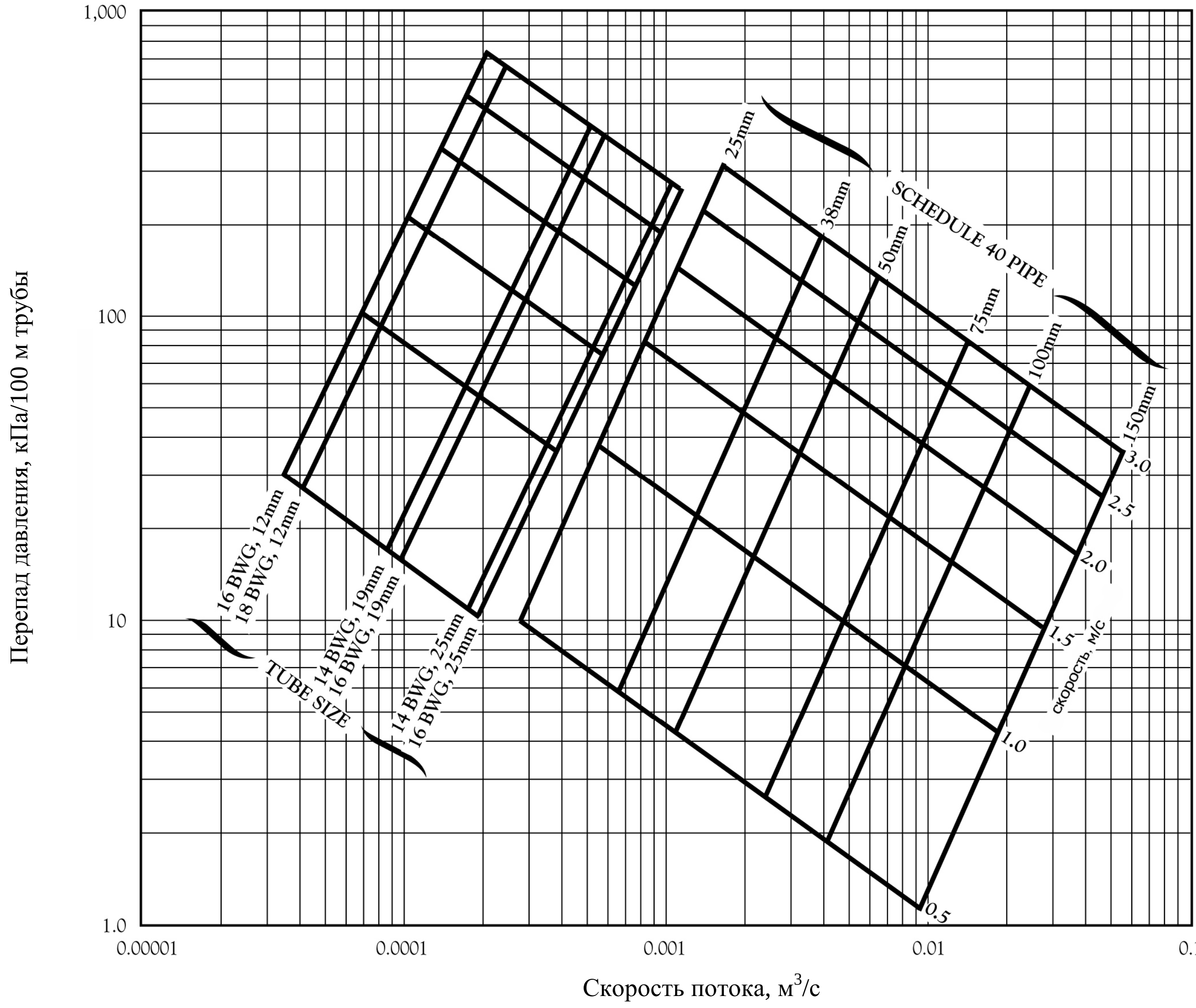


$$Nu = 0{,}027\,\mathrm{Re}^{0{,}8}\,\mathrm{Pr}^{1/3}\left(\frac{\mu}{\mu_\omega}\right)^{0{,}14}$$

Диаграмма основана на соотношении $\left(\dfrac{\mu}{\mu_\omega}\right)^{0{,}14} = 1$

Примечание: значения этой диаграммы основаны на вязкости «свежего» теплоносителя при поставке

Рис. 8. Зависимость перепада давления от скорости потока DOWTHERM G в трубах и змеевиках различного размера



Температурный поправочный коэффициент

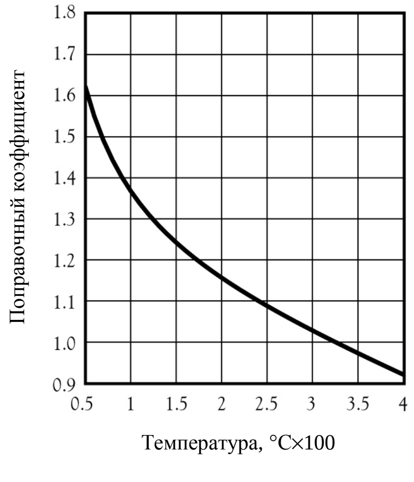


Рис. 9. Термическое расширение DOWTHERM G

Исходный объем: 1 м3 при 25 °C

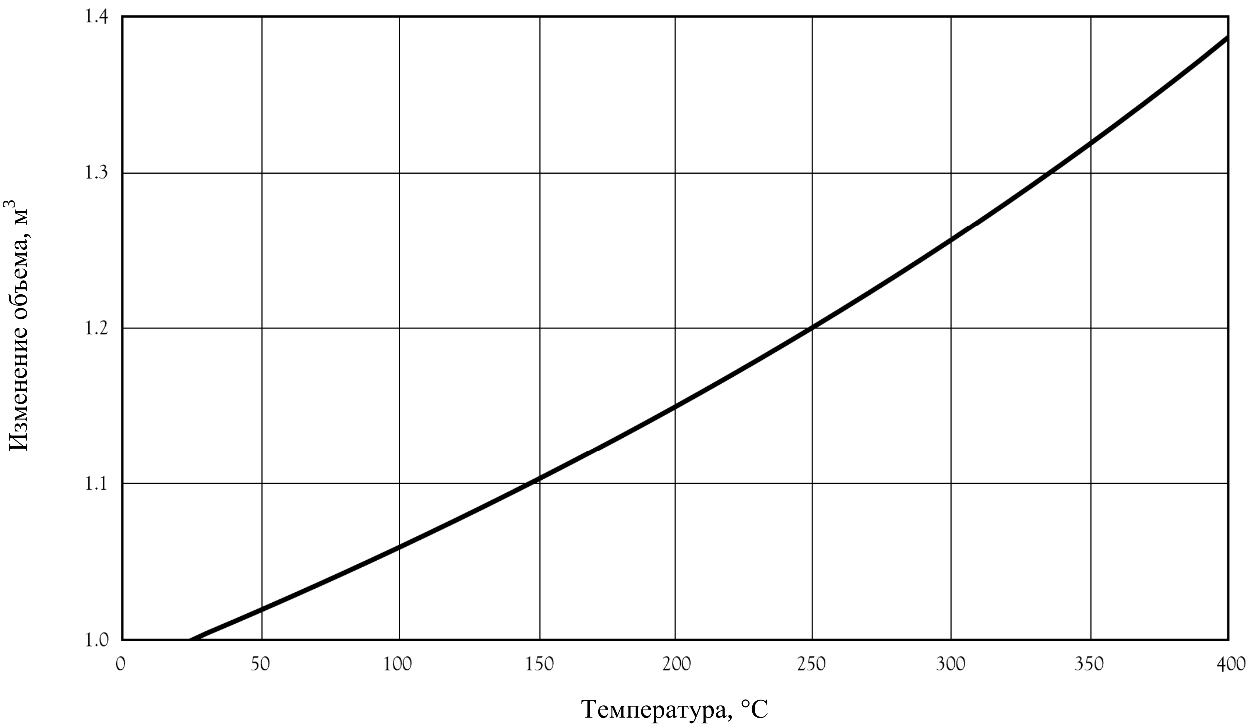


Рис. 10. Схема типичной установки с жидкофазным нагревом

BA	- индикатор опасного режима горения
BC	- регулятор горения
BE	- гляделка
FI	- индикатор потока
FRC	- записывающий регулятор потока
FSL	- переключатель потока
$LA^{H}/_{L}$	- индикатор опасного уровня – высокий/низкий
LI	- индикатор уровня
LC	- регулятор уровня
LSL	- переключатель уровня
PCV	- кран контроля давления
PI	- индикатор давления
PIC	- показывающий регулятор давления
PRV	- предохранительный клапан давления
PSH	- сброс давления
PSL	- регулятор давления
TIC	- показывающий регулятор температуры
TRC	- записывающий регулятор температуры
TSH	- переключатель температуры

Требуется внешний подогрев системы при температуре окружающей среды менее 4 °C.

A – Внешний нагрев требуется, если в холодную погоду прокачиваемость теплоносителя затруднена.
B – Система термоконтроля предохранительных клапанов при температуре окружающей среды ниже 27 °C.
C – Теплообменник №2 охлаждается DOWTHERM G для исключения возможности загрязнения перерабатываемой среды водой в случае протечки трубопровода.
D – Перерабатываемая среда замерзает при <81 °C.

——— Линия циркуляции теплоносителя DOWTHERM
– – – Электрическая сеть
–//–//– Воздушная линия