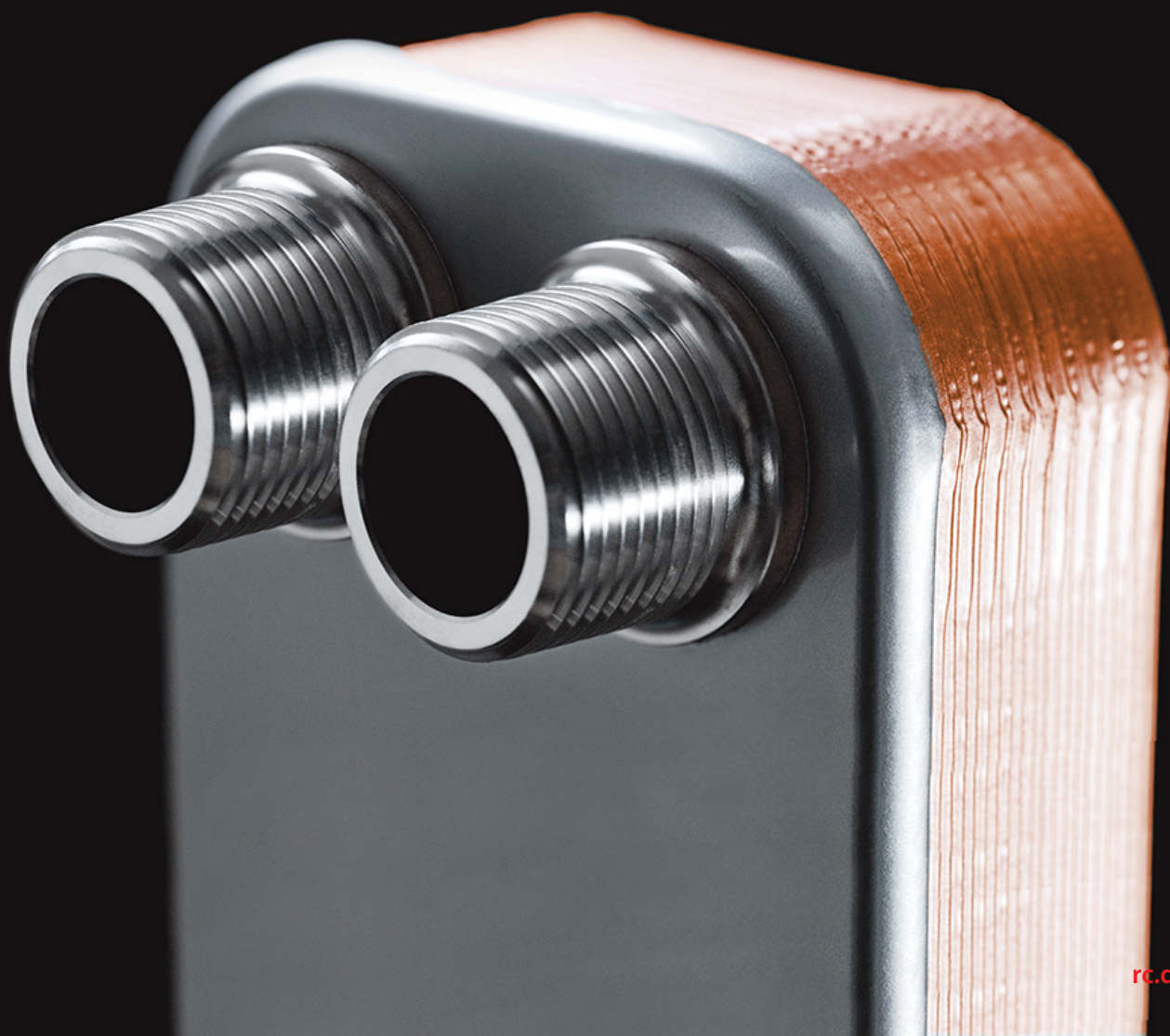


ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

Руководство по подбору

Пластинчатые паяные теплообменники  
типа **ВРНЕ**, а также микропластинчатые  
паяные теплообменники типа **МРНЕ**



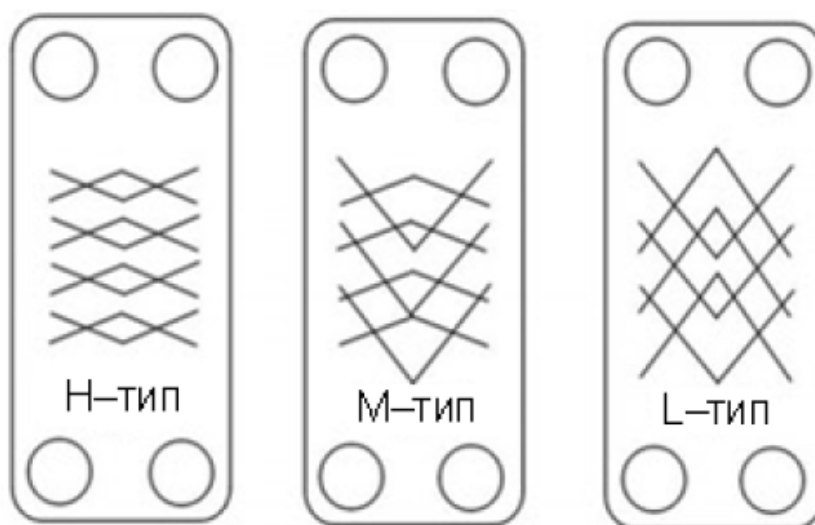
## Содержание

Введение.....	2
Установка программы Danfoss Hexact .....	3
Подбор различных типов теплообменников .....	7
Испаритель.....	7
Испаритель-конденсатор (для каскадных установок) .....	12
Конденсатор .....	17
Однофазный теплообменник.....	22
Пример №1. Промежуточный контур .....	22
Пример №2. Переохладитель .....	27
Пример №3. Рекуператор-предконденсатор.....	31
Термосифон (маслоохладитель).....	35
Экономайзер .....	40
Занесение в программу нового вещества.....	46
Руководство по качеству воды для меднопаяных пластинчатых теплообменников ....	52
Аннотация.....	52
Введение.....	52
Образование накипи .....	53
Коррозия.....	53
Характеристики воды .....	54
Водопроводная вода .....	54
Вода из сети централизованного теплоснабжения.....	57
Образование накипи и гарантийные обязательства .....	58
Совместимость материалов ТО с солесодержащими растворами .....	60
Перечень ссылок.....	61

## Введение

Паяные пластинчатые теплообменники типа ВРНЕ и МРНЕ предназначены для передачи тепловой энергии от одного вещества к другому. Теплообменники типа ВРНЕ могут применяться в холодильных установках (парокомпрессионных, абсорбционных), а также в тепловых насосах. В качестве рабочих сред могут использоваться негорючие хладагенты (фторуглеводороды, хлорфторуглеводороды,  $\text{CO}_2$ ), технические и холодильные масла, вода для технических нужд и систем ГВС, спиртосодержащие растворы.

Паяные пластинчатые теплообменники типа ВРНЕ изготавливаются из теплообменных пластин с различными характеристиками теплопередачи.



*Изображение теплообменных пластин типов Н, L, М*

**Пластины типа Н:** каналы в пластинах этого типа расположены под тупым углом, что позволяет получить большую эффективность теплообмена и увеличить турбулентность потока жидкости.

**Пластины типа L:** каналы в пластинах этого типа расположены под острым углом, что позволяет уменьшить потери давления, однако при этом понижается турбулентность потока жидкости и эффективность теплообмена.

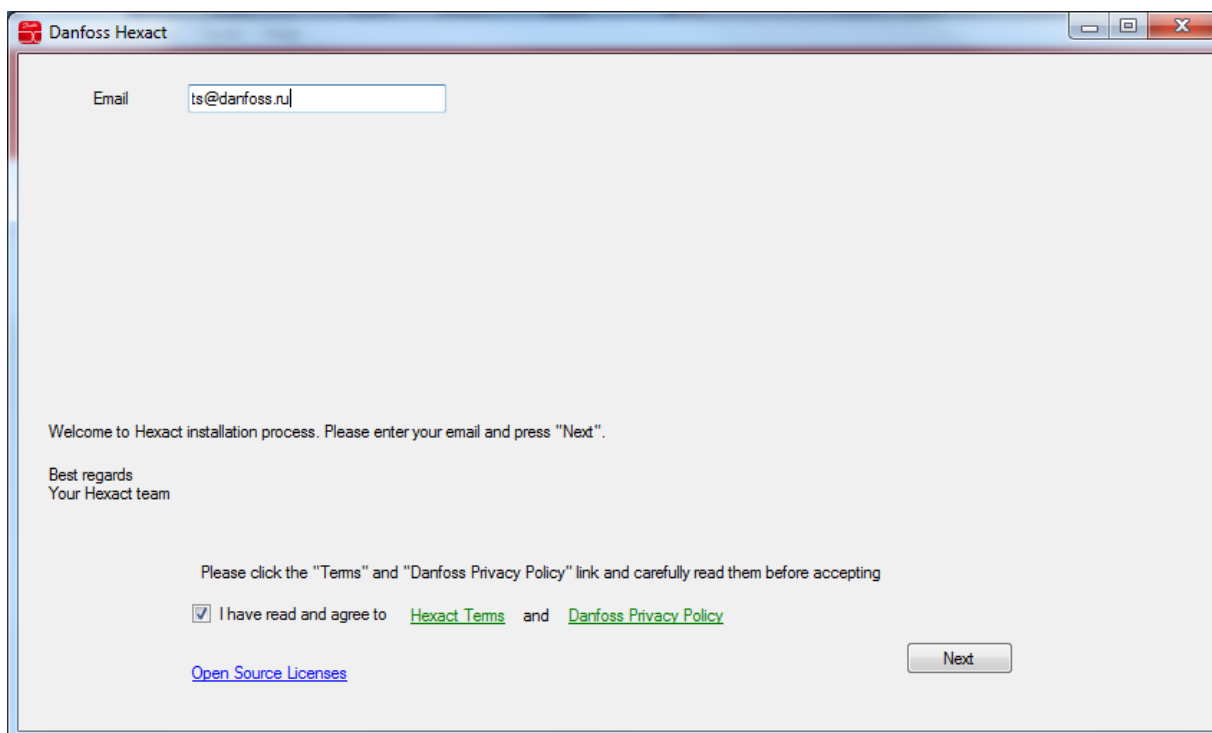
**Пластины типа М:** в теплообменнике комбинируются пластины типов L и Н. Такое решение применяется в системах, когда пластины типа Н дают слишком высокие потери давления, а типа L – отрицательный запас поверхности при одном и том же количестве пластин.

## Установка программы Danfoss Hexact

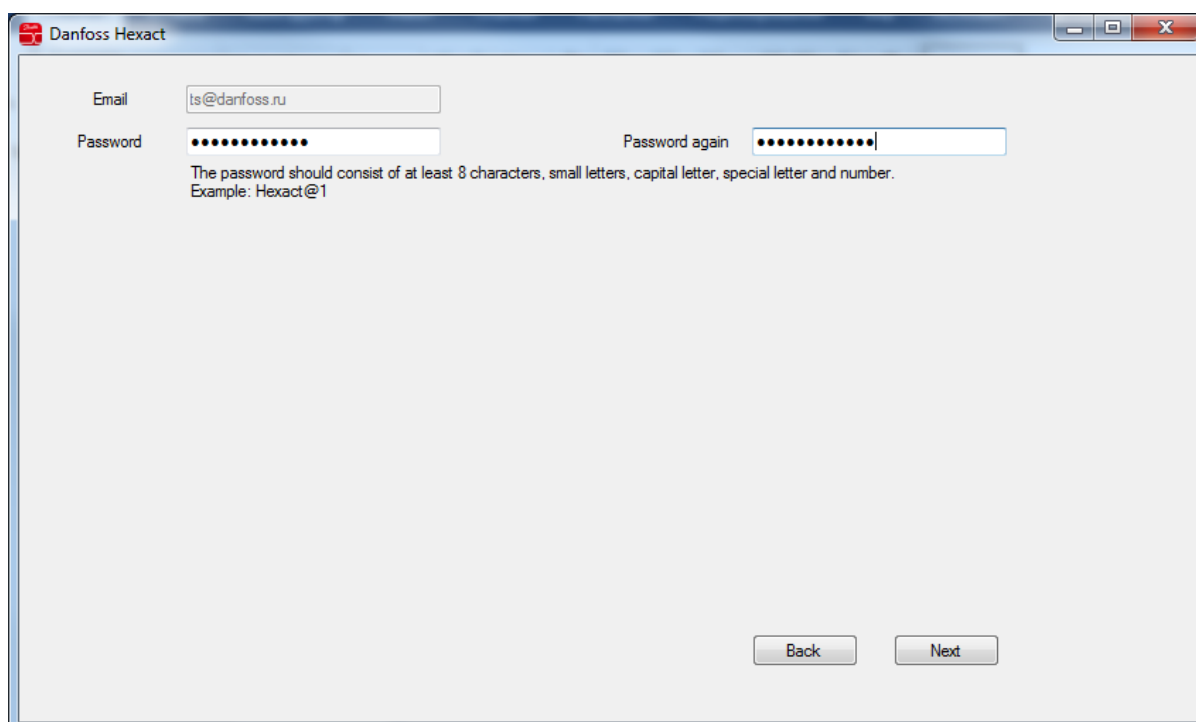
Выбор теплообменников типа ВРНЕ и МРНЕ осуществляется при помощи программы Danfoss Hexact, скачать которую можно по ссылке:

<https://www.danfoss.com/ru-ru/service-and-support/downloads/dcs/hexact/>

При установке необходимо ввести адрес Вашей электронной почты, обязательно пройти по обеим ссылкам [Hexact Terms](#) и [Danfoss Privacy Policy](#), и поставить галочку перед "I have read and agree to". Только при выполнении данных условий программа позволит нажать кнопку Next и скачать установочные файлы на компьютер.



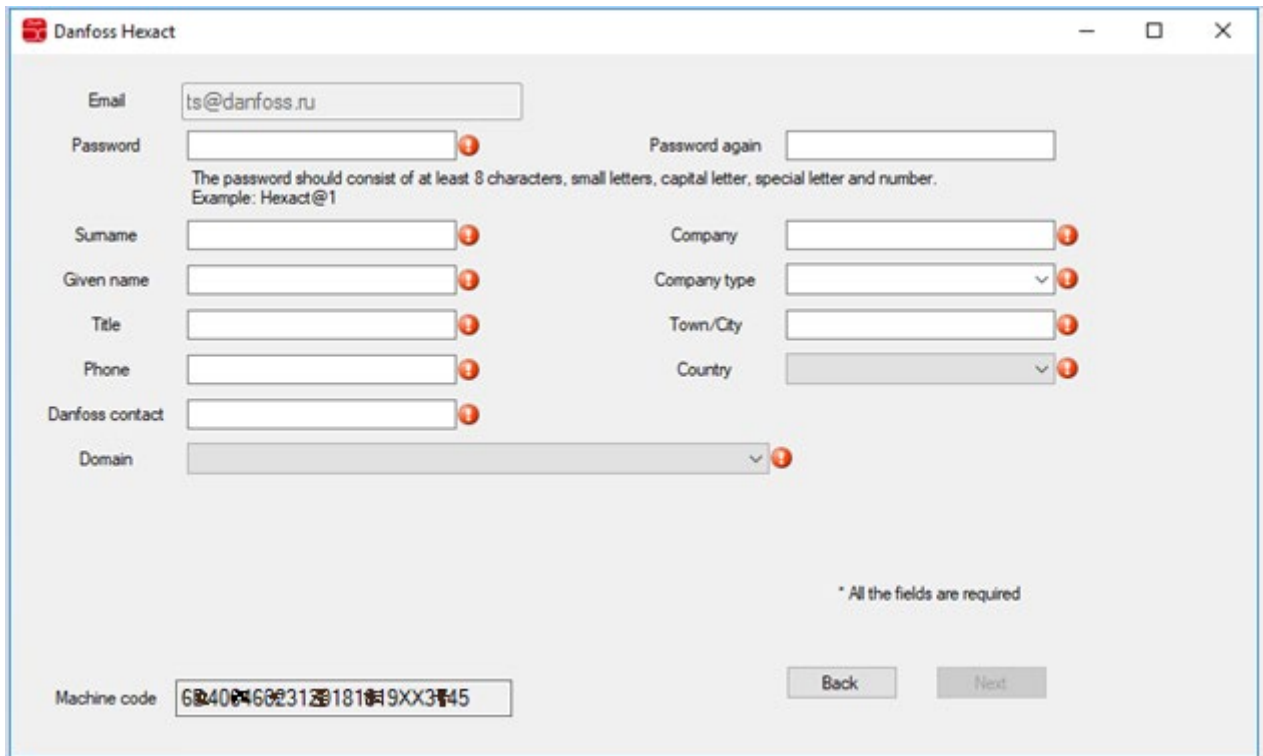
Придумываем пароль:





Пароль должен состоять по крайней мере из 8 символов, включая заглавные и прописные буквы, цифры и знаки.

Далее необходимо заполнить персональные данные:



Danfoss Hexact

Email:

Password:  Password again:

The password should consist of at least 8 characters, small letters, capital letter, special letter and number.  
Example: Hexact@1

Surname:  Company:

Given name:  Company type:

Title:  Town/City:

Phone:  Country:

Danfoss contact:

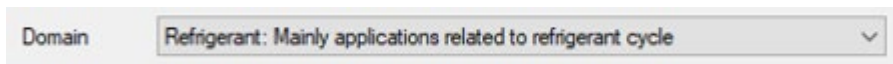
Domain:

\* All the fields are required

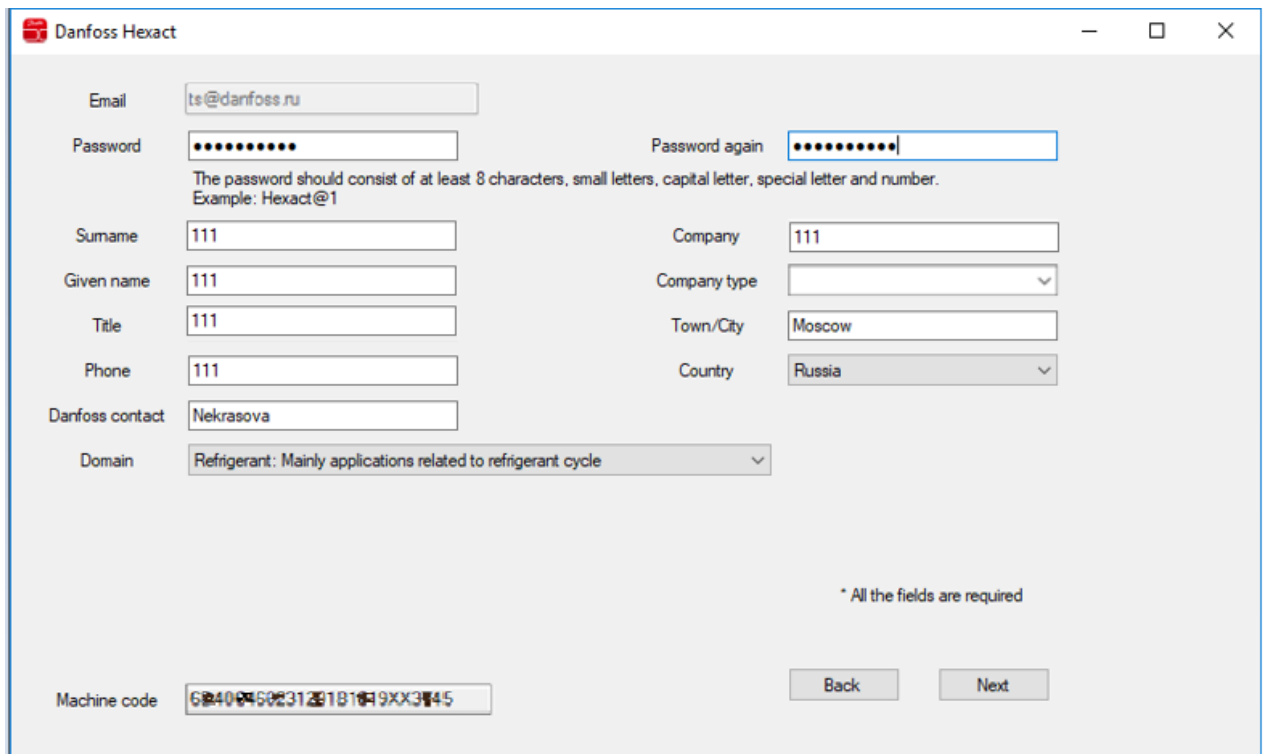
Machine code:

Back Next

В пункте Domain (сфера применения) указываем холодильное применение:



Domain:



Danfoss Hexact

Email:

Password:  Password again:

The password should consist of at least 8 characters, small letters, capital letter, special letter and number.  
Example: Hexact@1

Surname:  Company:

Given name:  Company type:

Title:  Town/City:

Phone:  Country:

Danfoss contact:

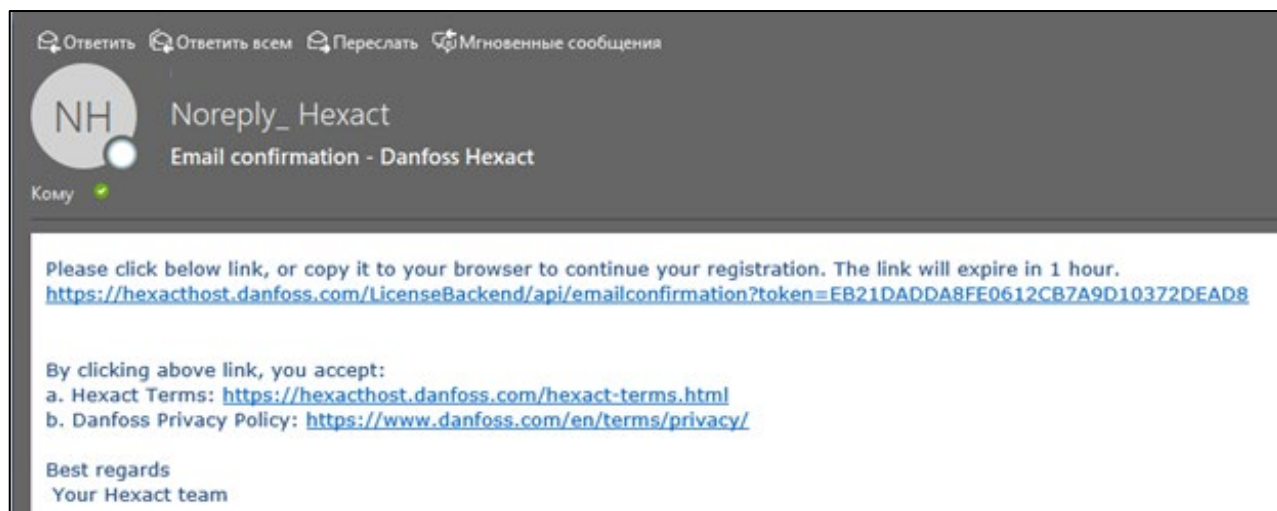
Domain:

\* All the fields are required

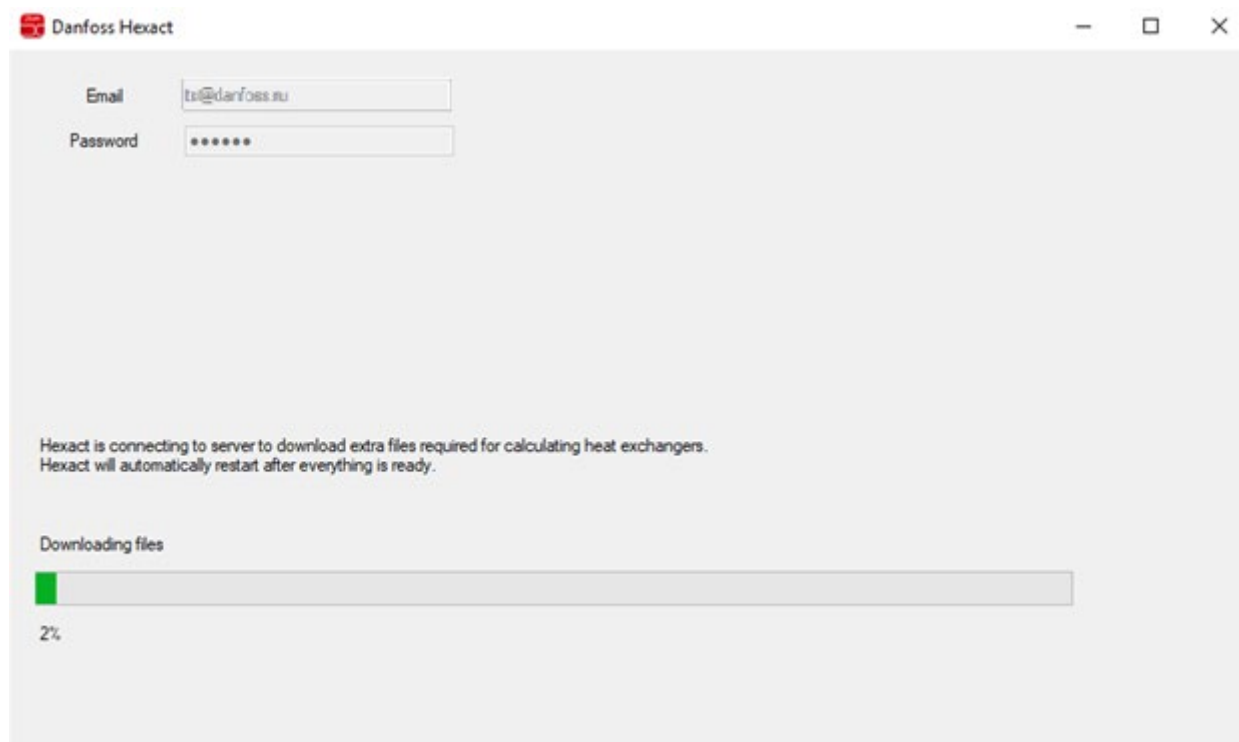
Machine code:

Back Next

После заполнения всех полей и нажатия кнопки Next Вам на почту придет письмо со ссылкой для подтверждения регистрации:

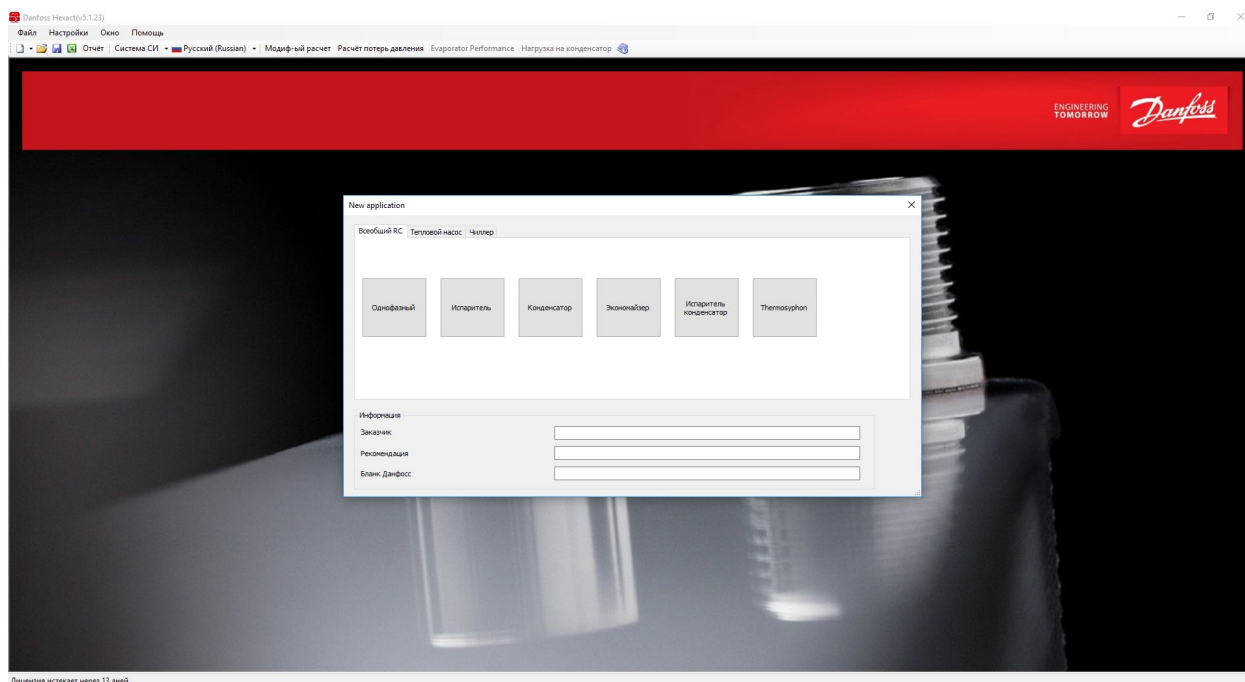


По верхней ссылке необходимо перейти в течение часа, чтобы активировать лицензию. Пройдя по ссылке, Вы увидите подтверждение того, что лицензия активирована. После этого начнется загрузка файлов на Ваш компьютер:



При запуске программы, Вы увидите форму для заполнения информации о заказчике для нового расчета. Данное окно можно закрыть без заполнения формы.

Далее Вы увидите возможные типы применения теплообменников. В левом нижнем углу будет указан срок действия лицензии. При первом запуске программы – это 13 дней, как только регистрация лицензии будет завершена цифра изменится на 59 дней. На самом деле на этом регистрация завершена, лицензия действует без ограничения времени и обновлять ее не нужно.



По вопросам регистрации программы Вы можете обращаться к специалистам группы технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru).

Ниже будут представлены указания для расчета пластинчатых паяных теплообменников типа ВРНЕ и микропластинчатых паяных теплообменников типа МРНЕ.

В программе Hvacsoft не указываются размеры патрубков. Присоединительные размеры Вы можете посмотреть [в прайс-листе](#). Также в прайс-листе есть опция скачивания чертежей теплообменников в pdf формате.

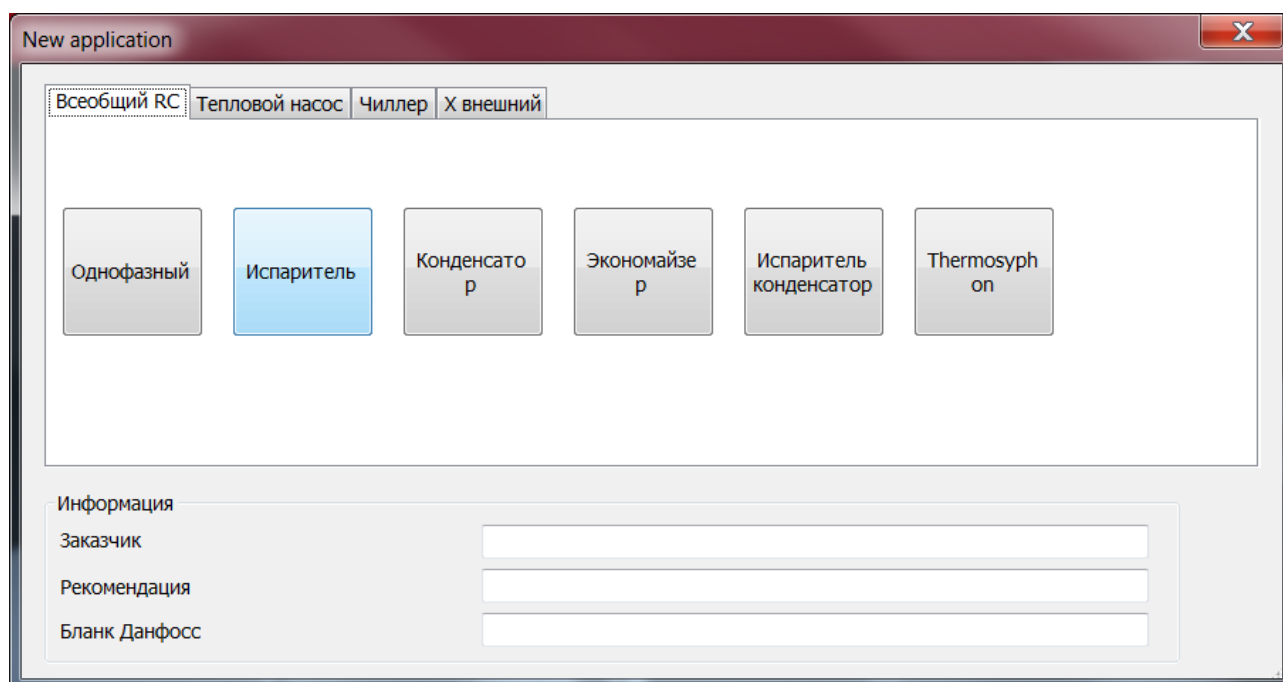
Белыми кружками в прайс-листе указаны складские модели, черными – заказные. Для большинства моделей указаны коды заказа. Если код не указан, значит необходимо отправить запрос на его создание с указанием модели и размеров присоединительных патрубков инженерам технической поддержки холодильного оборудования на почту [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru). Срок поставки заказной модели будет составлять 5 недель + 1 неделя для составления и занесения кода в систему.

Возможные размеры присоединительных патрубков можно посмотреть на стр.20 каталога ["Теплообменники пластинчатые паяные Danfoss EnFusion, тип В"](#).

## Подбор различных типов теплообменников

### Испаритель

1. Откройте программу Нехаст, выберите “Испаритель”:



Для испарителей подойдет как серия МРНЕ, так и ВРНЕ. У серии МРНЕ меньше глубина канала, выше тепловой поток и лучше теплопередача, однако, стоит обращать внимание на потери давления. Если по каким-либо параметрам серия МРНЕ не подходит (например, нужен подбор двухконтурного теплообменника по стороне фреона), то следует выбрать серию ВРНЕ.

2. Заполните данные по хладагенту и теплоносителю и нажмите “Расчет”.

*Все значения параметров холодильной машины, величина потерь давления, перегрева и т.д. носят рекомендательный характер. Значения приведены с целью показать самые распространенные конфигурации применения теплообменников и не должны трактоваться как единственно возможные варианты. В каждом конкретном случае параметры для подбора теплообменного аппарата выбирает и утверждает разработчик холодильной машины/установки.*

- Выберите противоток, температуру жидкости на входе в ТРВ укажите равной разности температуры конденсации и величины переохлаждения
- Укажите перегрев 5К (если в ТЗ нет данных о величине перегрева)
- Если температурных данных по стороне хладоносителя нет, то они принимаются следующим образом:

твых. хладоносителя =  $t_{\text{кипения хладагента}} + 5\text{К}$ ,

твх. хладоносителя =  $t_{\text{вх. хладоносителя}} + 5\text{К}$ .

- Для чиллера (вода в качестве хладоносителя) минимальная температура кипения должна быть равной 2 °С. При температуре кипения ниже 2°С в случае остановки водяного насоса есть риск замерзания хладоносителя, что приведёт к разгерметизации теплообменника.

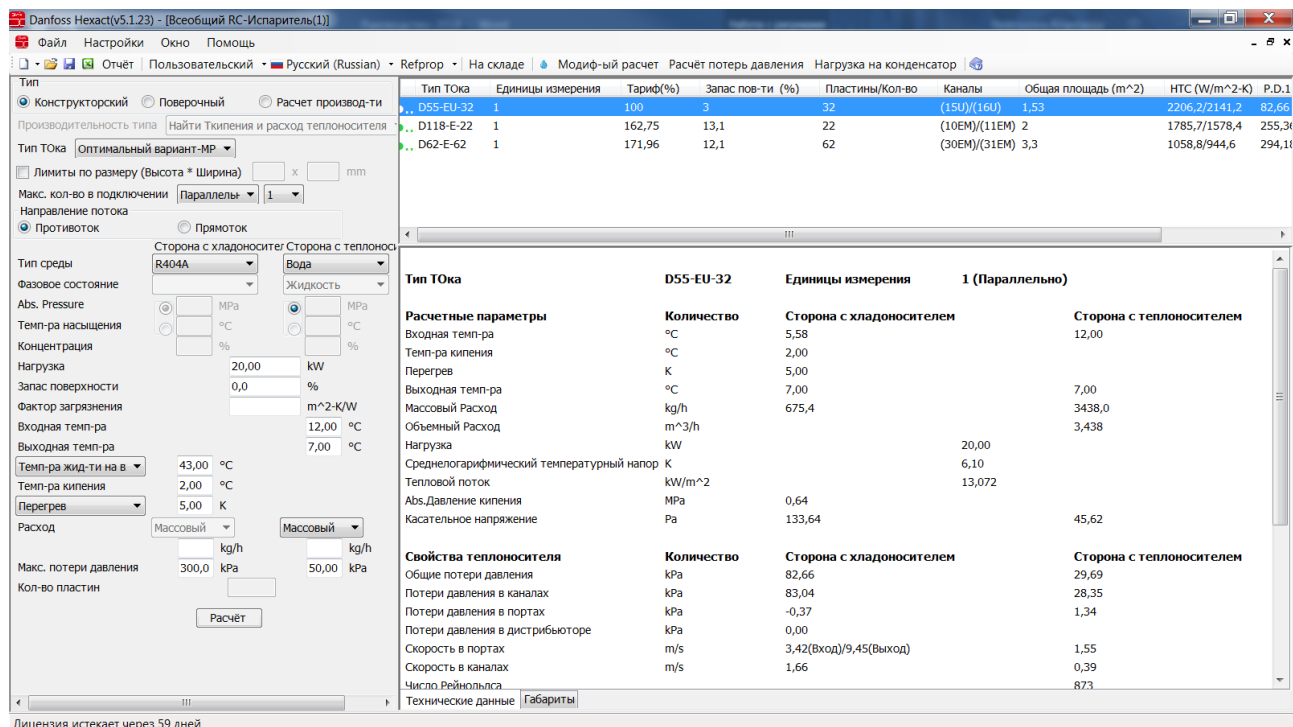
Стандартный режим для чиллера:

т кипения хладагента = 2 °С

т вх.воды = 12 °С

т вых.воды = 7 °С

3. Программа показывает список моделей, которые будут работать при данных условиях:



The screenshot shows the Danfoss Hexact software interface. The main window displays a table of chiller models and their calculated parameters. The selected model is D55-EU-32.

Тип Тока	Единицы измерения	Тариф(%)	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/м <sup>2</sup> -К)	P.D.1
D55-EU-32	1	100	3	32	(15U)/(16U)	1,53	2206,2/2141,2	82,66
D118-E-22	1	162,75	13,1	22	(10EM)/(11EM)	2	1785,7/1578,4	255,3
D62-E-62	1	171,96	12,1	62	(30EM)/(31EM)	3,3	1058,8/944,6	294,1

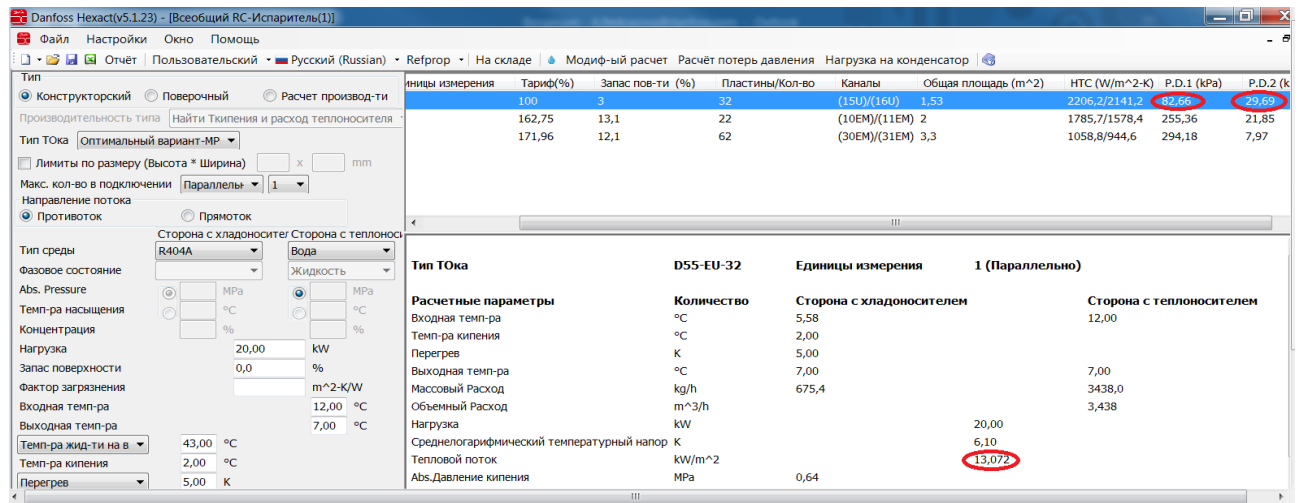
Тип Тока	D55-EU-32	Единицы измерения	1 (Параллельно)
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Входная темп-ра	°C	5,58	12,00
Темп-ра кипения	°C	2,00	
Перегрев	K	5,00	
Выходная темп-ра	°C	7,00	7,00
Массовый Расход	kg/h	675,4	3438,0
Объемный Расход	м <sup>3</sup> /h		3,438
Нагрузка	KW		20,00
Среднеарифметический температурный напор	K		6,10
Тепловой поток	KW/м <sup>2</sup>		13,072
Абс. Давление кипения	MPa	0,64	
Касательное напряжение	Pa	133,64	45,62
<b>Свойства теплоносителя</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Общие потери давления	kPa	82,66	29,69
Потери давления в каналах	kPa	83,04	28,35
Потери давления в портах	kPa	-0,37	1,34
Потери давления в дистрибьюторе	kPa	0,00	
Скорость в портах	m/s	3,42(Вход)/9,45(Выход)	1,55
Скорость в каналах	m/s	1,66	0,39
Число Рейнольдса			873

Важно!

Тепловой поток не должен превышать 20 кВт/м<sup>2</sup>.\*

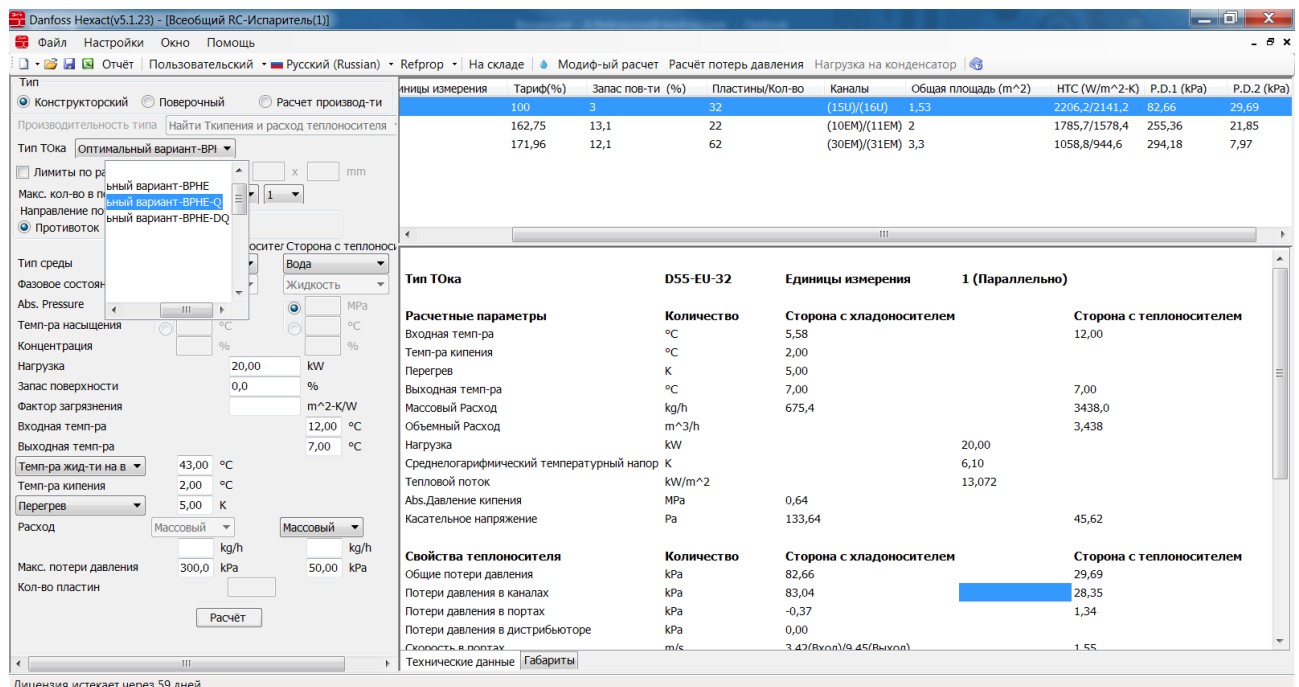
Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются потери давления: по стороне фреона – не более 300кПа, а по стороне хладоносителя – не более 50кПа.

\*Данный параметр обеспечивает оптимальную работу теплообменника при заданных условиях.



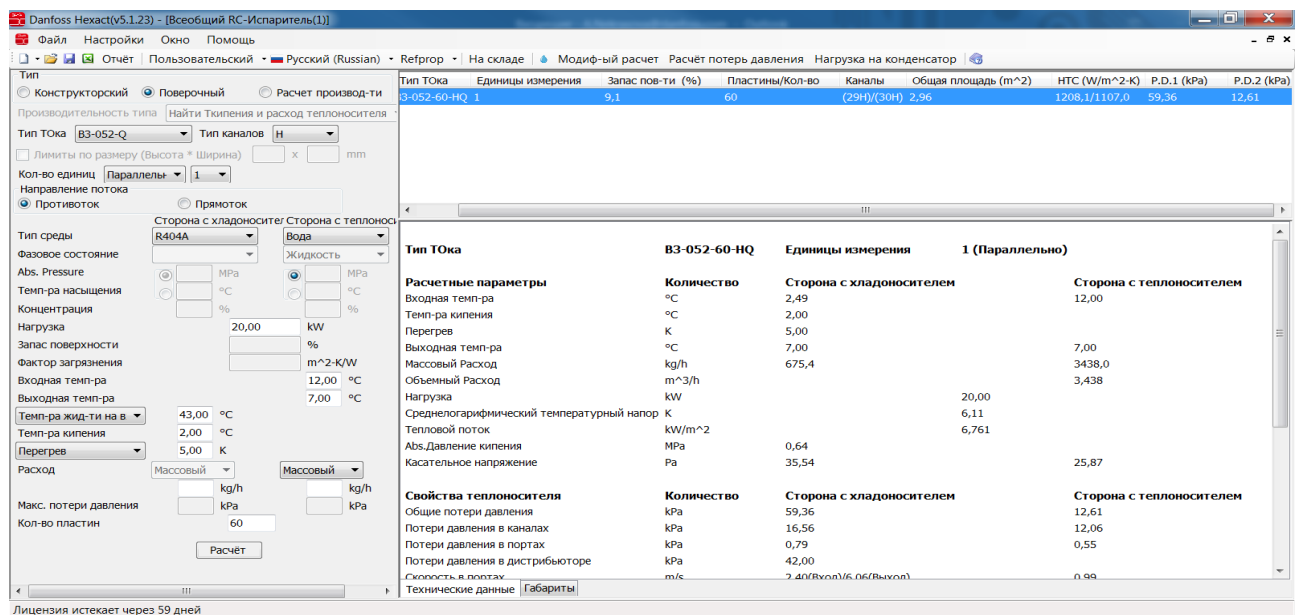
4. Можно задать выбор теплообменников типа ВРНЕ.

Если для применения в качестве испарителя или экономайзера предлагается модель теплообменника из более чем 30 пластин, то необходимо использовать теплообменник с дистрибьютором жидкости для равномерного распределения хладагента по всей его поверхности. В этом случае выберите “Оптимальный вариант ВРНЕ-Q” (Для двухконтурного теплообменника - “Оптимальный вариант ВРНЕ-DQ”) и нажмите “Расчет”:

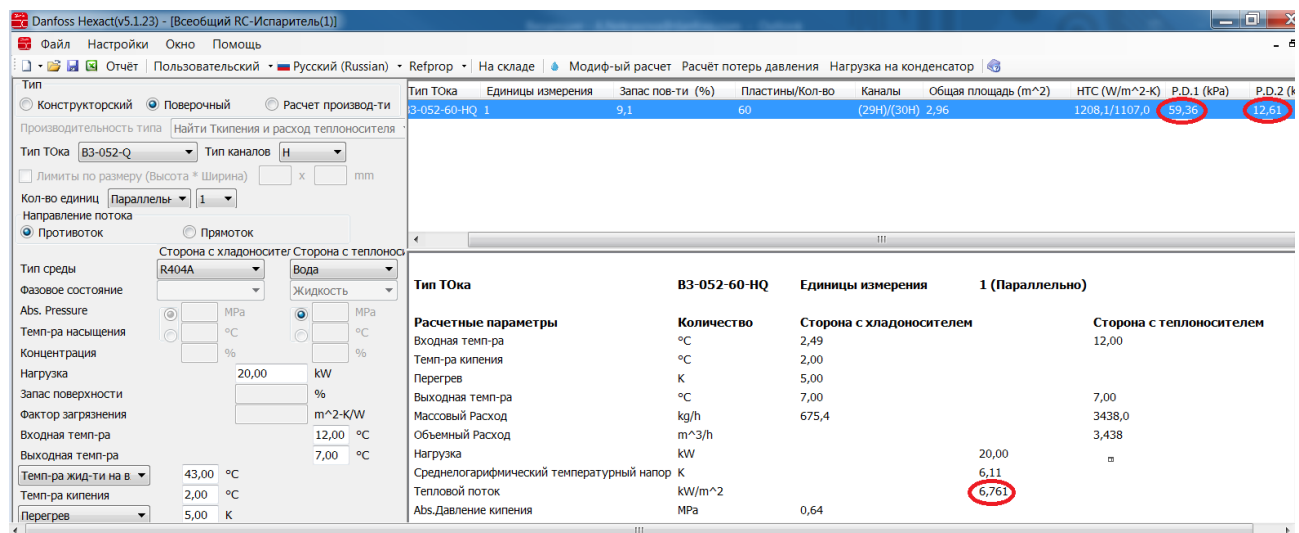


5. Чтобы сделать расчет складской модели, зайдите в “Поверочный”, выберите модель с буквой Q (DQ для двухконтурного теплообменника), снизу укажите количество пластин и нажмите “Расчет”:





6. Проверьте тепловой поток (см. пункт 3), а также потери давления:



7. Для подобранной модели теплообменника В3-052-60-3,0-НQ (30 бар) находим в [прайс-листе](#) код заказа. Нажав на код 021В4546, Вы можете проверить его наличие на складе (срок поставки будет составлять не более 5 недель), а также скачать архив чертежей в формате pdf. Обратите внимание, что если необходимы патрубки, отличные от указанных в прайс-листе, то модель будет заказной.

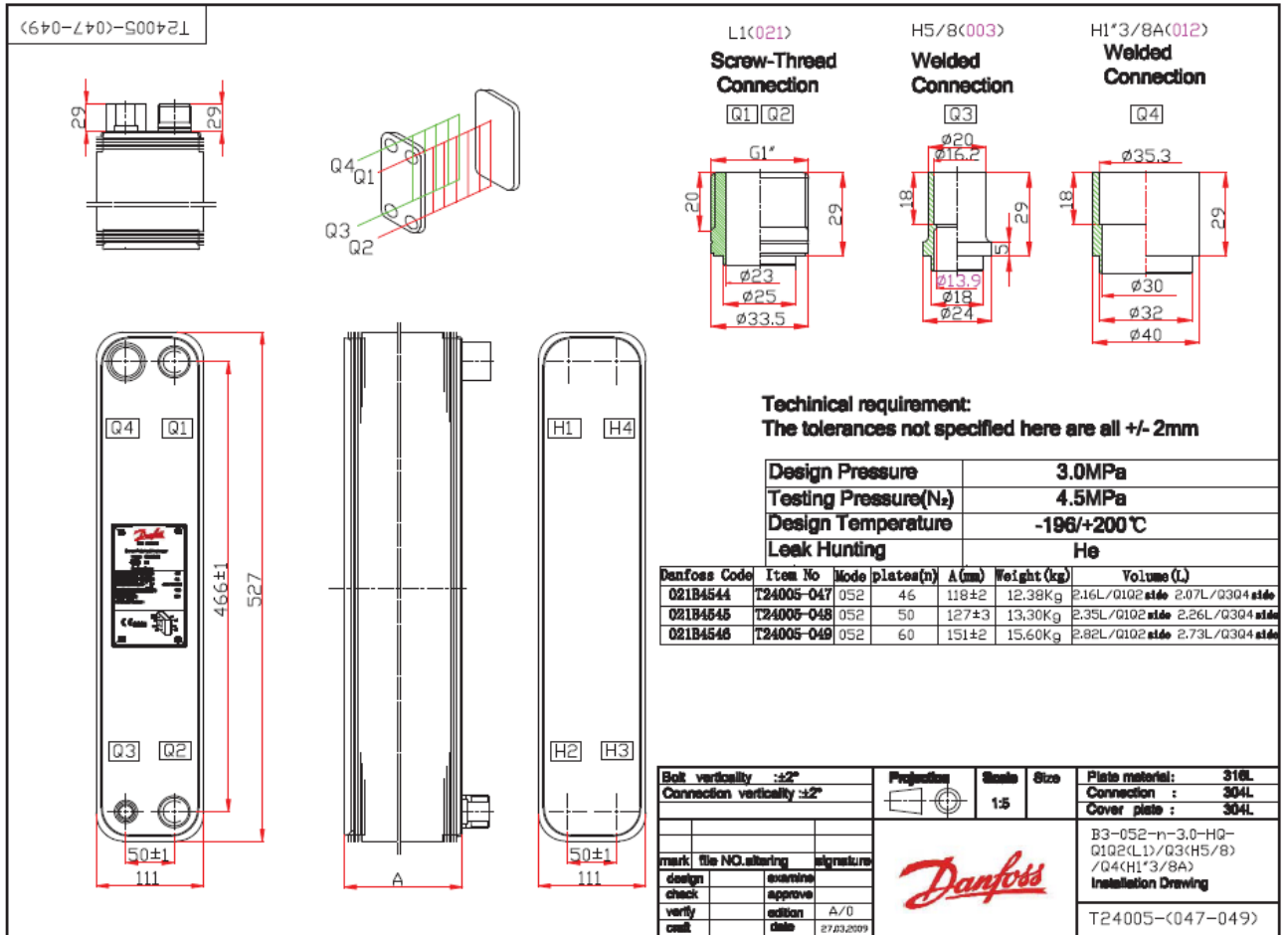
Например, для применения с R410A необходим теплообменник В3-052-60-4,5-НQ (45 бар) – заказная модель, срок поставки будет составлять 5 недель + 1 неделя для составления и занесения кода в систему. Для составления кода необходимо указать требуемые размеры присоединительных патрубков.

Возможные размеры присоединительных патрубков можно посмотреть на стр.20 каталога ["Теплообменники пластинчатые паяные Danfoss EnFusion, тип В"](#).

Запрос модели с указанием размеров присоединительных патрубков необходимо отправить на почту технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru)



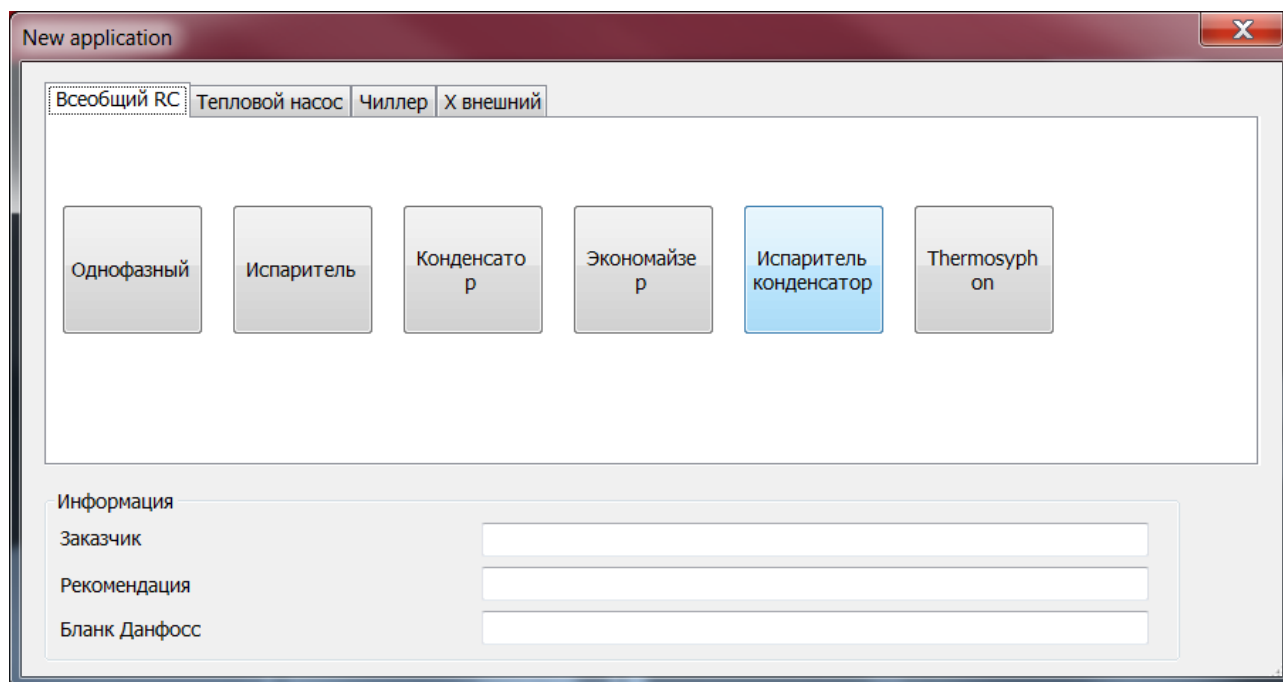
8. От инженера технической поддержки Вы получите файл с чертежом данной модели. Вам необходимо проверить чертеж и, если все верно, запросить код на теплообменник.



10. Через неделю код появится в системе и его можно будет заказать [у дистрибьюторов отдела холодильной техники](#)

## Испаритель-конденсатор (для каскадных установок)

1. Откройте программу Нехаст, выберите «Испаритель конденсатор»:



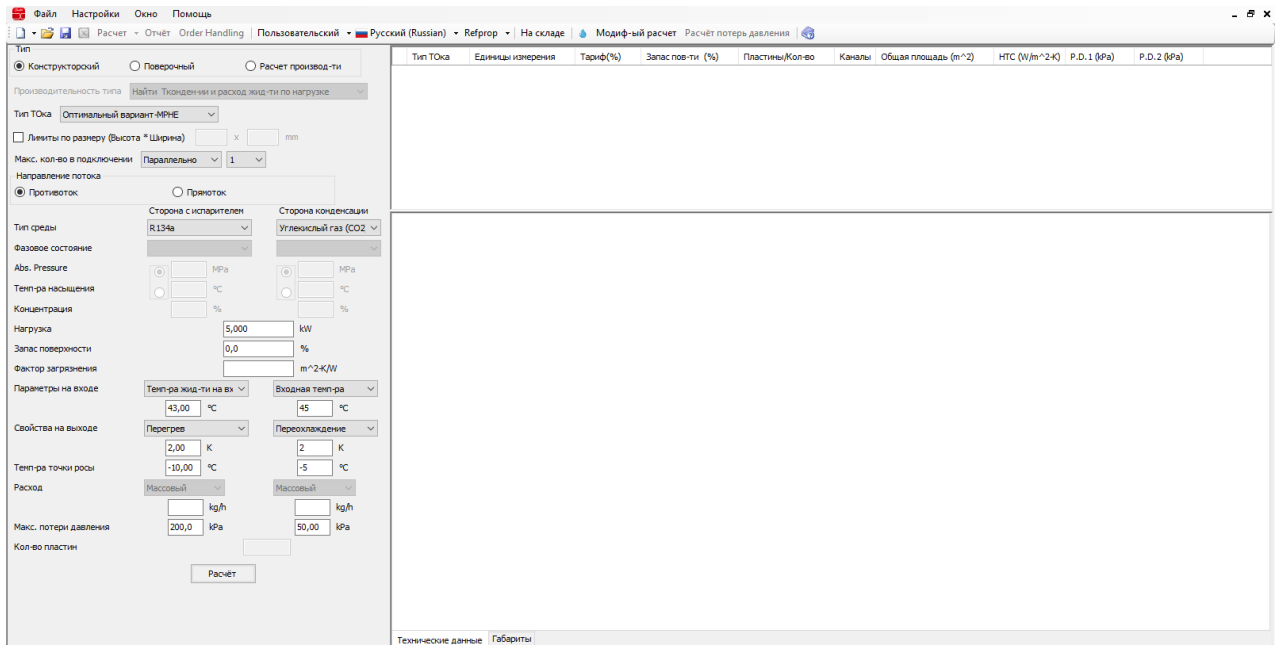
Для испарителей-конденсаторов подойдет как серия MPHE, так и VPHE. У серии MPHE меньше глубина канала, выше тепловой поток и лучше теплопередача, однако, стоит обращать внимание на потери давления. Если по каким-либо параметрам серия MPHE не подходит (например, требуется большая мощность аппарата), то следует выбрать серию VPHE.

*Все значения параметров холодильной машины, величина потерь давления, перегрева и т.д. носят рекомендательный характер. Значения приведены с целью показать самые распространенные конфигурации применения теплообменников и не должны трактоваться как единственно возможные варианты. В каждом конкретном случае параметры для подбора теплообменного аппарата выбирает и утверждает разработчик холодильной машины/установки.*

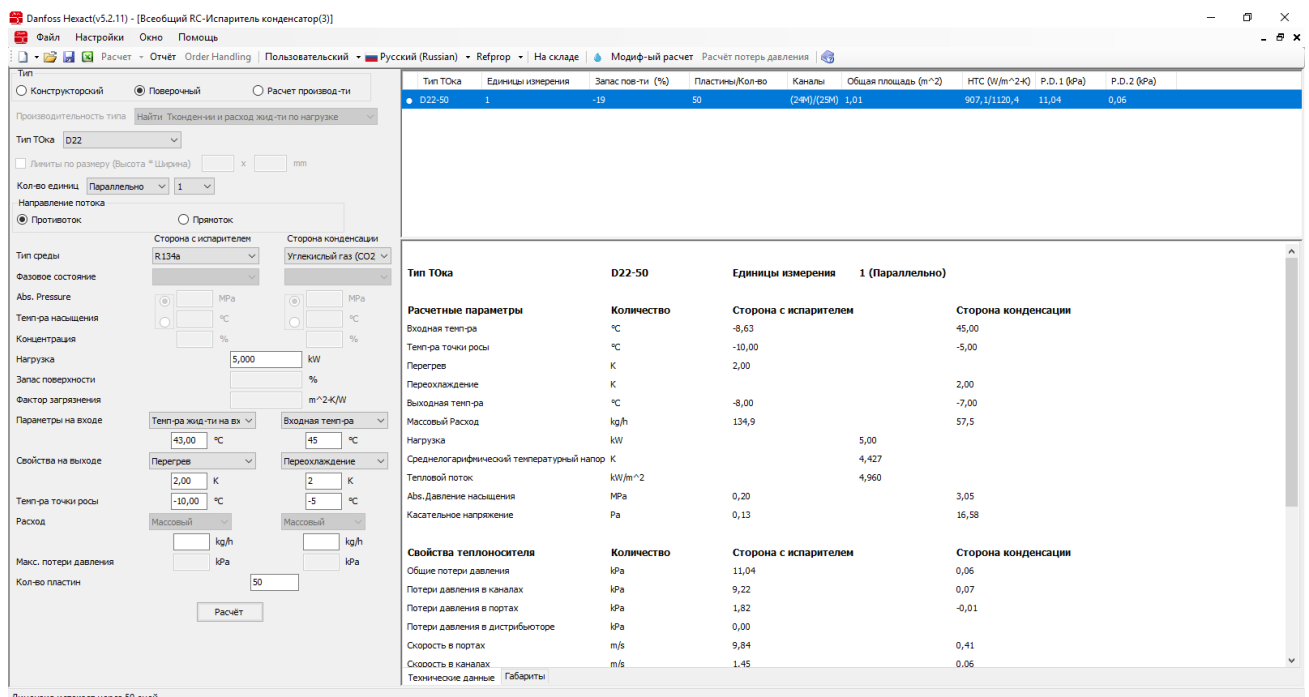
2. Заполните данные по стороне испарителя и по стороне конденсатора, выберите “Поверочный расчет”, укажите модель и количество пластин (произвольно, далее в зависимости от запаса поверхности, теплового потока и потерь давления Вы сможете уменьшать/увеличивать количество пластин, а также, в случае необходимости, переходить на другую модель теплообменника).
  - Выберите противоток.
  - Перегрев и переохлаждение укажите согласно ТЗ (если в ТЗ ничего не сказано, то укажите перегрев 5K и переохлаждение 2K).
  - По стороне испарителя выберите тип среды (например, R134a); температуру жидкости на входе в TPV укажите равной разнице температуры конденсации и величины переохлаждения;

точка росы – это температура фазового перехода, т.е. в данном случае необходимо указать температуру кипения хладагента верхней ветви каскада.

- Введите нагрузку на теплообменник. Если в ТЗ нет данных, то нагрузка может быть автоматически определена программой после задания массового расхода хладагента верхней/нижней ветви каскада (сторона с испарителем/конденсатором), поэтому окошко для ввода данных по нагрузке на теплообменник можно оставить пустым.
- По стороне конденсатора выберите тип среды (например, CO<sub>2</sub>); температуру на входе в теплообменник укажите равной температуре нагнетания; точка росы – это температура фазового перехода, т.е. в данном случае необходимо указать температуру конденсации хладагента нижней ветви каскада.



Далее нажмите “Расчет”



Важно!

Разность температур между стороной кипения и конденсации не должна превышать 60 градусов, в противном случае есть риск утечки из-за термического шока.

Тепловой поток не должен превышать 20 кВт/м<sup>2</sup>.\*

Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются потери давления: по стороне кипящего фреона – не более 300 кПа, а по стороне конденсирующегося фреона – не более 50 кПа.

\*Данный параметр обеспечивает оптимальную работу теплообменника при заданных условиях.

Запас поверхности отрицательный – следует увеличить количество пластин или выбрать следующий типоразмер теплообменника.

Данфос HvacCalc (v5.2.11) - [Общий RC-Испаритель конденсатор(3)]

Тип: Конструкторский | Переверный | Расчет произво-ти

Производительность типа: Найти | Конденсация и расход жид-ти по нагрузке

Тип Токка: D22

Кач-во экран-: Параллельно | 1

Направление потока: Противоток

Тип фреон: R134a

Основное состояние: R134a

Абс. Pressure: MPa

Тем-ра насыщения: °C

Концентрация: %

Нагрузка: 5,000 kW

Запас поверхности: %

Фактор загрязнения: m<sup>2</sup>·24/W

Параметры на входе: Темпер-жа-ти на вх: 43,00 °C | Водная тем-ра: 45 °C

Свойства на выходе: Перегрев: 2,00 K | Переохлаждение: 2 K

Тем-ра точки росы: -10,00 °C

Расход: Массовый | 134,9 kg/h

Мас. потери давления: kPa

Кол-во пластин: 50

Расчет

Тип Токка	Единицы измерения	Запас поверх-ти (%)	Пластину/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/м <sup>2</sup> ·K)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
D22-50	1	10	50	(2Ф4)(12Ф4)	1,01	907,111120,4	11,04	0,06

Тип Токка	Количество	Страна с испарителем	Страна конденсации
Водная тем-ра	°C	-8,63	45,00
Тем-ра точки росы	°C	-10,00	-5,00
Перегрев	K	2,00	
Переохлаждение	K		2,00
Выходная тем-ра	°C	-5,00	-7,00
Массовый Расход	kg/h	134,9	57,5
Нагрузка	kW		5,00
Среднеарифметической температурной напор	K		4,427
Тепловой поток	kW/м <sup>2</sup>		4,960
Абс. Давление насыщения	MPa	0,20	3,05
Каскальное напряжение	Pa	0,13	16,58

Свойства теплоносителя	Количество	Страна с испарителем	Страна конденсации
Общие потери давления	MPa	11,04	0,06
Потери давления в каналах	MPa	9,22	0,07
Потери давления в портах	MPa	1,82	-0,01
Потери давления в дистрибуторе	MPa	0,00	
Скорость в портах	m/s	9,84	0,41
Скорость в каналах	m/s	1,45	0,06

Лицензия истекает через 59 дней

Данфос HvacCalc (v5.2.11) - [Общий RC-Испаритель конденсатор(4)]

Тип: Конструкторский | Переверный | Расчет произво-ти

Производительность типа: Найти | Конденсация и расход жид-ти по нагрузке

Тип Токка: D62-E

Кач-во экран-: Параллельно | 1

Направление потока: Противоток

Тип фреон: R134a

Основное состояние: R134a

Абс. Pressure: MPa

Тем-ра насыщения: °C

Концентрация: %

Нагрузка: 1,000 kW

Запас поверхности: %

Фактор загрязнения: m<sup>2</sup>·24/W

Параметры на входе: Темпер-жа-ти на вх: 43,00 °C | Водная тем-ра: 45 °C

Свойства на выходе: Перегрев: 2,00 K | Переохлаждение: 2 K

Тем-ра точки росы: -10,00 °C

Расход: Массовый | 134,9 kg/h

Мас. потери давления: kPa

Кол-во пластин: 40

Расчет

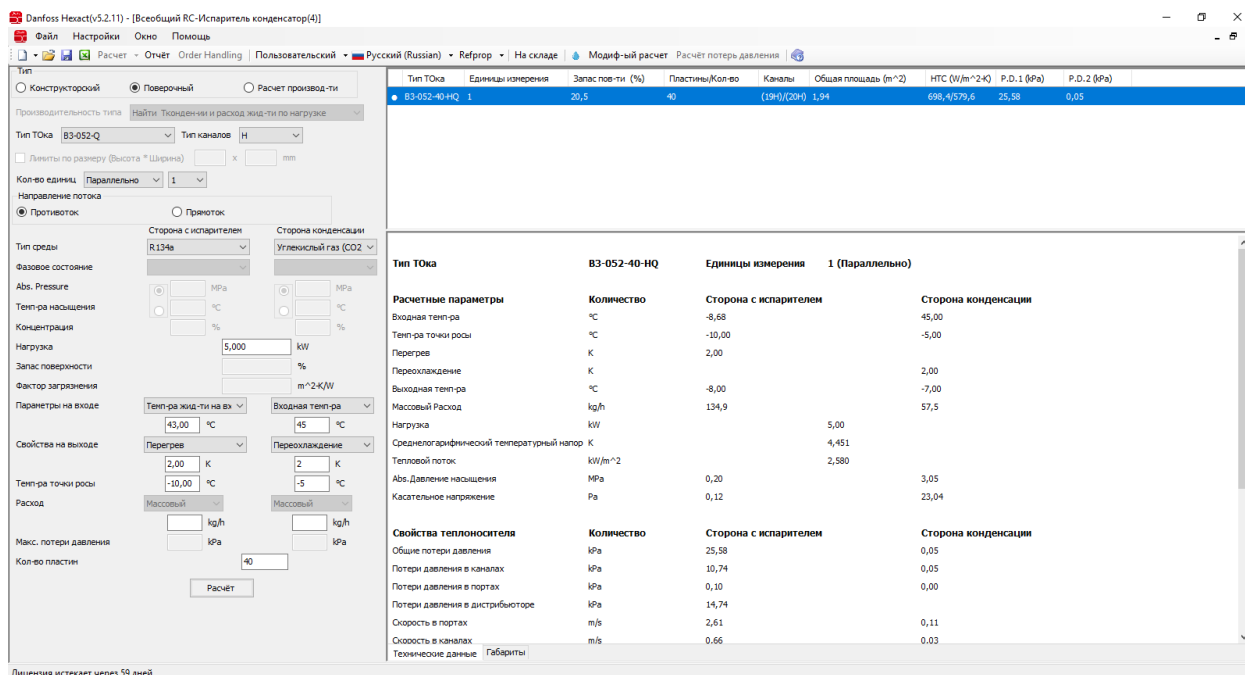
Тип Токка	Единицы измерения	Запас поверх-ти (%)	Пластину/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/м <sup>2</sup> ·K)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
D62-E-40	1	15	40	(12Ф4)(12Ф4)	2,09	555,7195,3	126,86	-0,03

Тип Токка	Количество	Страна с испарителем	Страна конденсации
Водная тем-ра	°C	-7,15	45,00
Тем-ра точки росы	°C	-10,00	-5,00
Перегрев	K	2,00	
Переохлаждение	K		2,00
Выходная тем-ра	°C	-5,00	-7,00
Массовый Расход	kg/h	134,9	57,5
Нагрузка	kW		5,00
Среднеарифметической температурной напор	K		4,726
Тепловой поток	kW/м <sup>2</sup>		2,392
Абс. Давление насыщения	MPa	0,20	3,05
Каскальное напряжение	Pa	0,05	36,13

Свойства теплоносителя	Количество	Страна с испарителем	Страна конденсации
Общие потери давления	MPa	126,86	0,03
Потери давления в каналах	MPa	22,95	0,03
Потери давления в портах	MPa	0,67	0,00
Потери давления в дистрибуторе	MPa	103,24	
Скорость в портах	m/s	3,02	0,13
Скорость в каналах	m/s	0,77	0,03

Лицензия истекает через 59 дней

- Можно задать выбор теплообменников типа ВРНЕ. Для этого выберите в “Поверочном расчете” тип теплообменника из серии ВРНЕ, укажите количество пластин и нажмите “Расчет”.



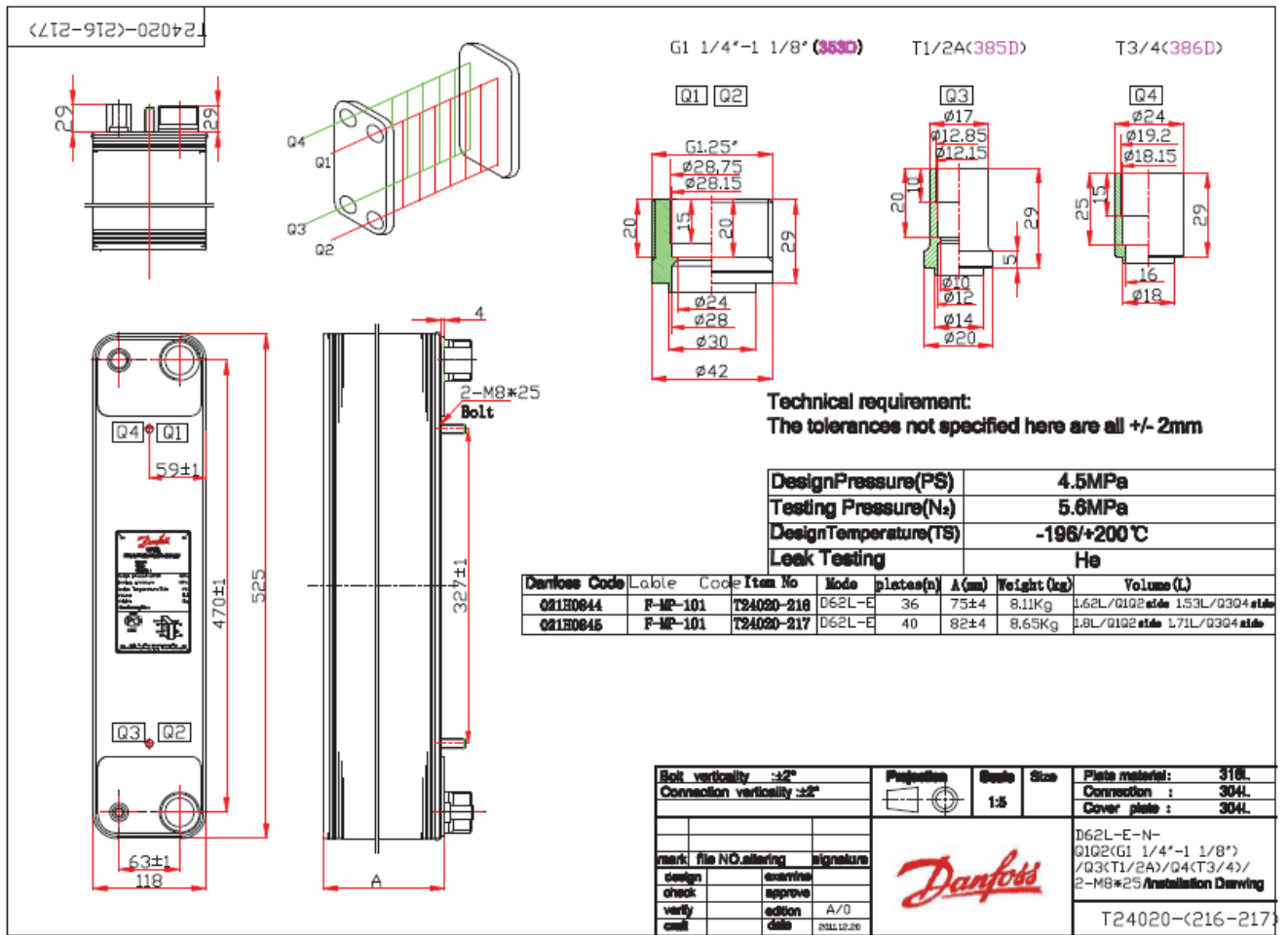
The screenshot shows the Danfoss Hexact software interface for a "Поверочный" (check) calculation of a V3-052-40-NQ heat exchanger. The interface is in Russian and includes a menu bar, a toolbar, and a main workspace. The workspace is divided into several sections:

- Left Panel (Inputs):** Contains fields for "Тип Токма" (V3-052-Q), "Тип каналов" (Н), "Направление потока" (Противоток), "Тип среды" (R134a), "Фазовое состояние" (Жидкость), "Нагрузка" (5,000 kW), "Запас поверхности" (45%), "Параметры на входе" (Темп-ра жид-ти на вх: 43,00 °C, Входная темп-ра: 45 °C), "Свойства на выходе" (Перегрев: 2,00 K, Переохлаждение: 2 K), "Темп-ра точки росы" (-10,00 °C), "Расход" (Массовый: 134,9 kg/h), "Макс. потери давления" (0,05 MPa), and "Кол-во пластин" (40).
- Right Panel (Results):** Displays a table of calculated parameters for the V3-052-40-NQ heat exchanger. The table is organized into two main sections: "Расчетные параметры" and "Свойства теплоносителя".

Тип Токма	В3-052-40-NQ	Единицы измерения	1 (Параллельно)	
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с испарителем</b>	<b>Сторона конденсации</b>	
Входная темп-ра	°C	-8,68	45,00	
Темп-ра точки росы	°C	-10,00	-5,00	
Перегрев	K	2,00	2,00	
Переохлаждение	K		2,00	
Выходная темп-ра	°C	-8,00	-7,00	
Массовый Расход	kg/h	134,9	57,5	
Нагрузка	kW		5,00	
Среднеарифметический температурный напор	K		4,451	
Тепловой поток	kW/m <sup>2</sup>		2,580	
Абс. Давление насыщения	MPa	0,20	3,05	
Касательное напряжение	Pa	0,12	23,04	
<b>Свойства теплоносителя</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с испарителем</b>	<b>Сторона конденсации</b>	
Общие потери давления	MPa	25,58	0,05	
Потери давления в каналах	MPa	10,74	0,05	
Потери давления в портах	MPa	0,10	0,00	
Потери давления в дистрибуторе	MPa	14,74		
Скорость в портах	m/s	2,61	0,11	
Скорость в каналах	m/s	0,66	0,03	

Примечание: для R410A и CO<sub>2</sub> используются модели с максимальным рабочим давлением 45 бар. При этом максимальное рабочее давление теплообменника должно удовлетворять проектному значению давления в линии его установки.

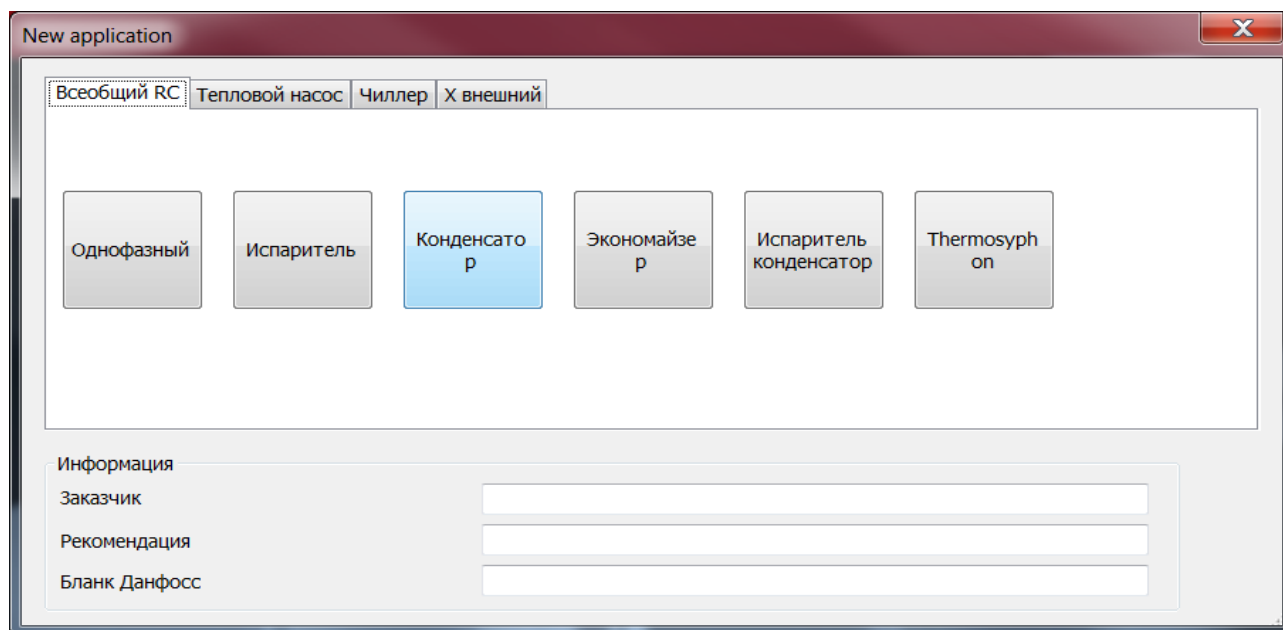
- Для подобранной модели теплообменника D62L-E-40 находим в [прайс-листе](#) код заказа 021H0845. Обратите внимание, что если необходимы патрубки, отличные от указанных в прайс-листе, то модель будет заказной. Для составления кода необходимо указать требуемые размеры присоединительных патрубков.
- Запрос модели с указанием размеров присоединительных патрубков необходимо отправить на почту технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru)
- От инженера технической поддержки Вы получите файл с чертежом данной модели. Вам необходимо проверить чертеж и, если все верно, запросить код на теплообменник.



7. Через неделю код появится в системе и его можно будет заказать [у дистрибьюторов](#) [отдела холодильной техники](#)

## Конденсатор

1. Откройте программу Нехаст, выберите “Конденсатор”:



Для конденсаторов подойдет как серия MPHE, так и VPHE. У серии MPHE меньше глубина канала, выше тепловой поток и лучше теплопередача, однако, стоит обращать внимание на потери давления. Если по каким-либо параметрам серия MPHE не подходит (например, тепловой поток слишком высок), то следует выбрать серию VPHE.

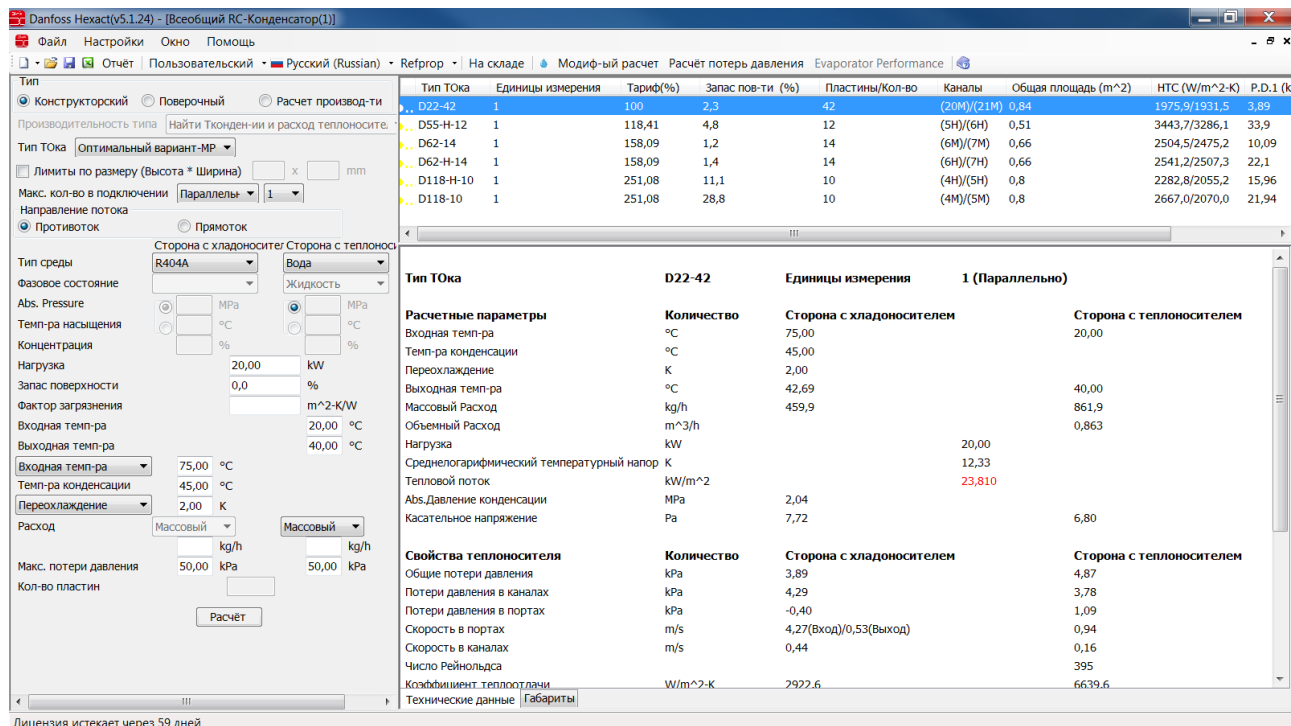
2. Заполните данные по хладагенту и по теплоносителю и нажмите “Расчет”.

Все значения параметров холодильной машины, величина потерь давления, перегрева и т.д. носят рекомендательный характер. Значения приведены с целью показать самые распространенные конфигурации применения теплообменников и не должны трактоваться как единственно возможные варианты. В каждом конкретном случае параметры для подбора теплообменного аппарата выбирает и утверждает разработчик холодильной машины/установки.

- Выберите противоток, температуру фреона на входе укажите равной температуре нагнетания (указана в выгрузке на компрессор)
- Укажите переохлаждение согласно ТЗ (если нет данных по ТЗ, то обычно переохлаждение принимают равным 2К)
- Стандартный режим для конденсатора:
  - т<sub>фреона на входе в конденсатор</sub> = 75 °С
  - т<sub>конденсации</sub> = 45 °С
  - Переохлаждение = 2К
  - т<sub>теплоносителя на входе</sub> = 20 °С
  - т<sub>теплоносителя на выходе</sub> = 40°С



3. Программа показывает список моделей, которые будут работать при данных условиях:



Тип ТОка	Единицы измерения	Тариф(%)	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/м <sup>2</sup> ·K)	P.D.1 (K)
D22-42	1	100	2,3	42	(20M)/(21M)	0,84	1975,9/1931,5	3,89
D55-H-12	1	118,41	4,8	12	(5H)/(6H)	0,51	3443,7/3286,1	33,9
D62-14	1	158,09	1,2	14	(6M)/(7M)	0,66	2504,5/2475,2	10,09
D62-H-14	1	158,09	1,4	14	(6H)/(7H)	0,66	2541,2/2507,3	22,1
D118-H-10	1	251,08	11,1	10	(4H)/(5H)	0,8	2282,8/2055,2	15,96
D118-10	1	251,08	28,8	10	(4M)/(5M)	0,8	2667,0/2070,0	21,94

Тип ТОка	D22-42	Единицы измерения	1 (Параллельно)
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>	<b>Страна с хладоносителем</b>	<b>Страна с теплоносителем</b>
Входная темп-ра	75,00	°C	20,00
Темп-ра конденсации	45,00	°C	
Переохлаждение	2,00	K	
Выходная темп-ра	42,69	°C	40,00
Массовый Расход	459,9	kg/h	861,9
Объемный Расход		м <sup>3</sup> /h	0,863
Нагрузка		kW	20,00
Среднегеометрический температурный напор		K	12,33
Тепловой поток		kW/м <sup>2</sup>	23,810
Abs. Давление конденсации	2,04	MPa	
Касательное напряжение	7,72	Pa	6,80
<b>Свойства теплоносителя</b>	<b>Количество</b>	<b>Страна с хладоносителем</b>	<b>Страна с теплоносителем</b>
Общие потери давления	3,89	kPa	4,87
Потери давления в каналах	4,29	kPa	3,78
Потери давления в портах	-0,40	kPa	1,09
Скорость в портах	4,27(Вход)/0,53(Выход)	m/s	0,94
Скорость в каналах	0,44	m/s	0,16
Число Рейнольдса			395
Коэффициент теплоотдачи	2922,6	W/м <sup>2</sup> ·K	6639,6

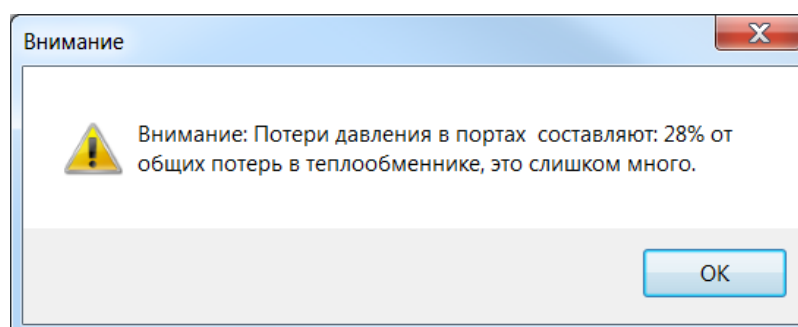
**Важно!**

Тепловой поток не должен превышать 20 кВт/м<sup>2</sup>.\*

Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются потери давления по стороне фреона и по стороне теплоносителя не более 50кПа.

\*Данный параметр обеспечивает оптимальную работу теплообменника при заданных условиях.

Сразу можно перейти к поверочному расчету, указать модель и количество пластин. В данном случае тепловой поток больше 20 кВт/м<sup>2</sup>, поэтому рассчитаем модель D22 на 50 пластин:



Тип Тока	Единицы измерения	Запас пов-ти (%)	Пластин/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/м <sup>2</sup> ·К)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
D22-50	1	12,4	50	(2*4)/(25H)	1,01	1807,1/1607,6	2,68	3,9

Теплообменник подходит по всем параметрам, однако программа выводит уведомление, что потери давления в портах больше 25% от всех потерь давления по стороне теплоносителя. Если скорость теплоносителя в портах меньше 7,2 м/с, то на данное предупреждение можно не обращать внимание, в противном случае стоит выбрать следующий типоразмер теплообменника (с большим диаметром портов).

4. Можно задать выбор теплообменников типа ВРНЕ. Для этого выберите “Оптимальный вариант ВРНЕ” и нажмите “Расчет”:

Тип Тока	Единицы измерения	Тариф(%)	Запас пов-ти (%)	Пластин/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/м <sup>2</sup> ·К)	P.D.
V3-030-16-N	1	100	0,9	16	(7H)/(8H)	0,32	5318,4/5270,2	45,5
V3-020-38-N	1	136,45	0,2	38	(18H)/(19H)	0,72	2256,8/2253,3	3,56
V3-052-14-N	1	165,02	6,9	14	(6H)/(7H)	0,61	2912,9/2725,0	28,9
V3-052-16-M	1	176,85	5,5	16	(7H)/(8M)	0,71	2416,0/2290,6	11,7
V3-052-20-L	1	200,49	0,6	20	(9L)/(10L)	0,92	1777,6/1767,8	3,6
V3-027-40-N	1	220,2	1,6	40	(19H)/(20H)	0,95	1730,7/1704,0	1,5
V3-095-8-N	1	310,34	1,8	8	(3H)/(4H)	0,57	2972,9/2920,7	26,7

5. Чтобы сделать расчет складской модели, зайдите в “Поверочный”, выберите модель, снизу укажите количество пластин и нажмите “Расчет”:

The screenshot shows the Danfoss Hexact software interface. The 'Поверочный' (Check) tab is selected. The model is 'B3-052-30-N'. The number of plates is set to 30. The calculation results are displayed in a table:

Тип ТОка	Единицы измерения	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/m <sup>2</sup> -K)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
B3-052-30-N	1	50	30	(14N)/(15H)	1,43	1708,4/1138,9	5,53	3,1

The main calculation table shows the following results:

Тип ТОка	В3-052-30-N	Единицы измерения	1 (Параллельно)
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Входная темп-ра	75,00	°C	20,00
Темп-ра конденсации	45,00	°C	20,00
Переохлаждение	2,00	K	
Выходная темп-ра	42,69	°C	40,00
Массовый Расход	459,9	kg/h	861,9
Объемный Расход		м <sup>3</sup> /h	0,863
Нагрузка		kW	20,00
Среднегарифмический температурный напор		K	12,30
Тепловой поток		kW/m <sup>2</sup>	14,006
Abs.Давление конденсации	2,04	MPa	
Касательное напряжение	11,94	Pa	6,58
<b>Свойства теплоносителя</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Общие потери давления	5,53	kPa	3,10
Потери давления в каналах	5,56	kPa	3,07
Потери давления в портах	-0,03	kPa	0,03
Скорость в портах	1,13(Вход)/0,14(Выход)	m/s	0,25
Скорость в каналах	0,23	m/s	0,08
Число Рейнольдса			398
Коэффициент теплоотдачи	2613,1	W/m <sup>2</sup> -K	5614,4

6. Проверьте тепловой поток и потери давления (см. пункт 3):

The screenshot shows the same software interface as above, but with red circles highlighting the values for heat flux and pressure loss in the results table:

Тип ТОка	Единицы измерения	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/m <sup>2</sup> -K)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
B3-052-30-N	1	50	30	(14N)/(15H)	1,43	1708,4/1138,9	5,53	3,1

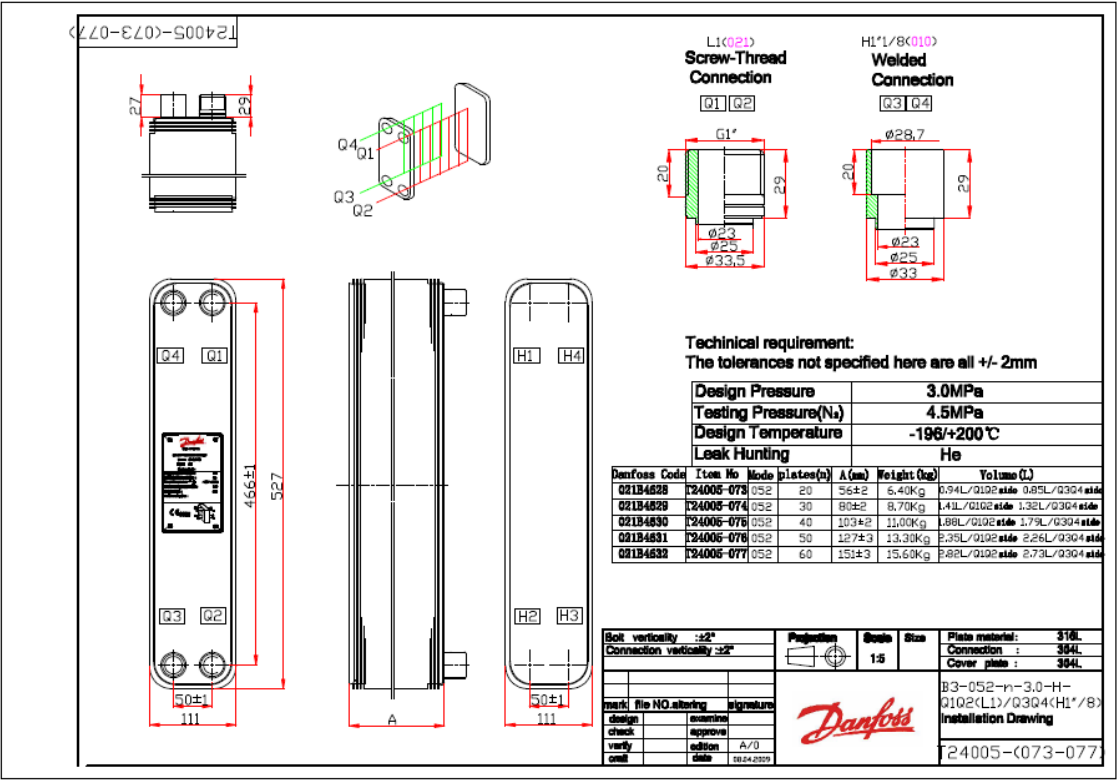
The main calculation table highlights the following values:

Тип ТОка	В3-052-30-N	Единицы измерения	1 (Параллельно)
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Входная темп-ра	75,00	°C	20,00
Темп-ра конденсации	45,00	°C	20,00
Переохлаждение	2,00	K	
Выходная темп-ра	42,69	°C	40,00
Массовый Расход	459,9	kg/h	861,9
Объемный Расход		м <sup>3</sup> /h	0,863
Нагрузка		kW	20,00
Среднегарифмический температурный напор		K	12,30
Тепловой поток		kW/m <sup>2</sup>	14,006
Abs.Давление конденсации	2,04	MPa	
Касательное напряжение	11,94	Pa	6,58
<b>Свойства теплоносителя</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Общие потери давления	5,53	kPa	3,10
Потери давления в каналах	5,56	kPa	3,07
Потери давления в портах	-0,03	kPa	0,03
Скорость в портах	1,13(Вход)/0,14(Выход)	m/s	0,25
Скорость в каналах	0,23	m/s	0,08
Число Рейнольдса			398
Коэффициент теплоотдачи	2613,1	W/m <sup>2</sup> -K	5614,4

7. Для подобранной модели теплообменника B3-052-30-3,0-N (30 бар) находим в [прайс-листе](#) код заказа 021B4629. Обратите внимание, что если необходимы патрубки, отличные от указанных в прайс-листе, то модель будет заказной.

Например, для применения с R410A, необходим теплообменник B3-052-30-4,5-H (45 бар) – заказная модель, срок поставки будет составлять 5 недель + 1 неделя для составления и занесения кода в систему. Для составления кода необходимо указать требуемые размеры присоединительных патрубков.

8. Возможные размеры присоединительных патрубков можно посмотреть на стр.20 каталога ["Теплообменники пластинчатые паяные Danfoss EnFusion, тип В"](#).
9. Запрос модели с указанием размеров присоединительных патрубков необходимо отправить на почту технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru)
10. От инженера технической поддержки Вы получите файл с чертежом данной модели. Вам необходимо проверить чертеж и, если все верно, запросить код на теплообменник.

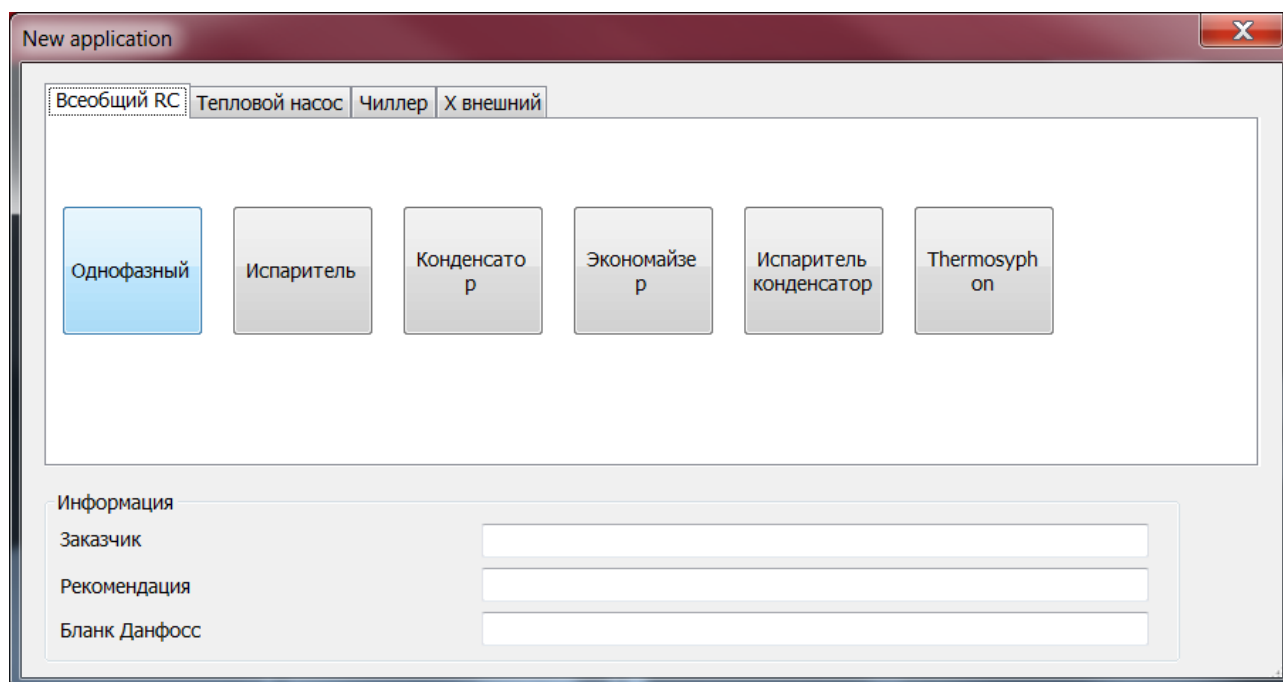


11. Через неделю код появится в системе и его можно будет заказать [у дистрибьюторов отдела холодильной техники](#)

## Однофазный теплообменник

### Пример №1. Промежуточный контур

1. Откройте программу Нехаст, выберите “Однофазный”:



Для однофазных теплообменников больше подойдет серия ВРНЕ с пластинами L (максимально снижены потери давления).

2. Заполните данные по первой и второй сторонам:

*Все значения параметров холодильной машины, величина потерь давления, перегрева и т.д. носят рекомендательный характер. Значения приведены с целью показать самые распространенные конфигурации применения теплообменников и не должны трактоваться как единственно возможные варианты. В каждом конкретном случае параметры для подбора теплообменного аппарата выбирает и утверждает разработчик холодильной машины/установки.*

По первой стороне:

- Выберите противоток, максимальные потери давления по обеим сторонам укажите согласно ТЗ (обычно принимаются 50 кПа).
  - В программе можно задать нагрузку на теплообменник и температуры входа и выхода веществ по обеим сторонам, тогда автоматически будут рассчитаны массовые расходы. Или же можно указать массовые расходы, убрать нагрузку и оставить данные входа и выхода по какой-либо из сторон, по другой стороне указать только одну температуру, второе значение температуры программа рассчитает автоматически.
- Далее нажмите “Расчет”

### 3. Программа показывает список моделей, которые будут работать при данных условиях:

Тип Тока	Единицы измерения	Тариф(%)	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/м <sup>2</sup> ·K)	P.D.1 (K)
D55-H-26	1	100	9,9	26	(12H)/(13H)	1,22	4490,9/4085,0	27,72
D62-36	1	144,14	3,5	36	(17M)/(18M)	1,87	2766,1/2673,8	6,3
D118-H-16	1	170,24	2,7	16	(7H)/(8H)	1,4	3668,9/3571,4	21,12
D118-18	1	178,71	2,9	18	(8M)/(9M)	1,6	3214,3/3125,0	10,47
D55-100	1	267,55	0,5	100	(49M)/(50M)	5	1005,7/1000,4	1,68
D62-H-126	1	360,77	0	126	(62H)/(63H)	6,82	733,4/733,1	1,78

Тип Тока	Количество	Сторона 1	Сторона 2
Направление потока		Противоток	
Входная тем-ра	°C	12,00	5,00
Выходная тем-ра	°C	7,00	10,00
Массовый Расход	kg/h	1718,6	2076,6
Объемный Расход	м <sup>3</sup> /h	1,719	1,961
Макс. потери давления	kPa	50,00	50,00
Abs. Давление насыщения - Выход	MPa	--	--
Касательное напряжение	Pa	35,26	56,87

Технические данные	Количество	Сторона 1	Сторона 2
Нагрузка	kW		10,00
Общая площадь	м <sup>2</sup>		1,22
MTD	K		2,00
Кэф-т теплопередачи (реальный/требуемый)	W/м <sup>2</sup> ·K		4491/4085
Тепловой поток	kW/м <sup>2</sup>		8,170
Общие потери давления	kPa	27,72	44,60
Потери давления в каналах	kPa	27,38	44,17
Потери давления в портах	kPa	0,34	0,44
Диаметр портов	m	0,0	0,0
Скорость в портах	m/s	0,78	0,89

Важно!

Разность температур между холодной и теплой стороной не должна превышать 100 градусов, в противном случае есть риск утечки из-за термического шока.

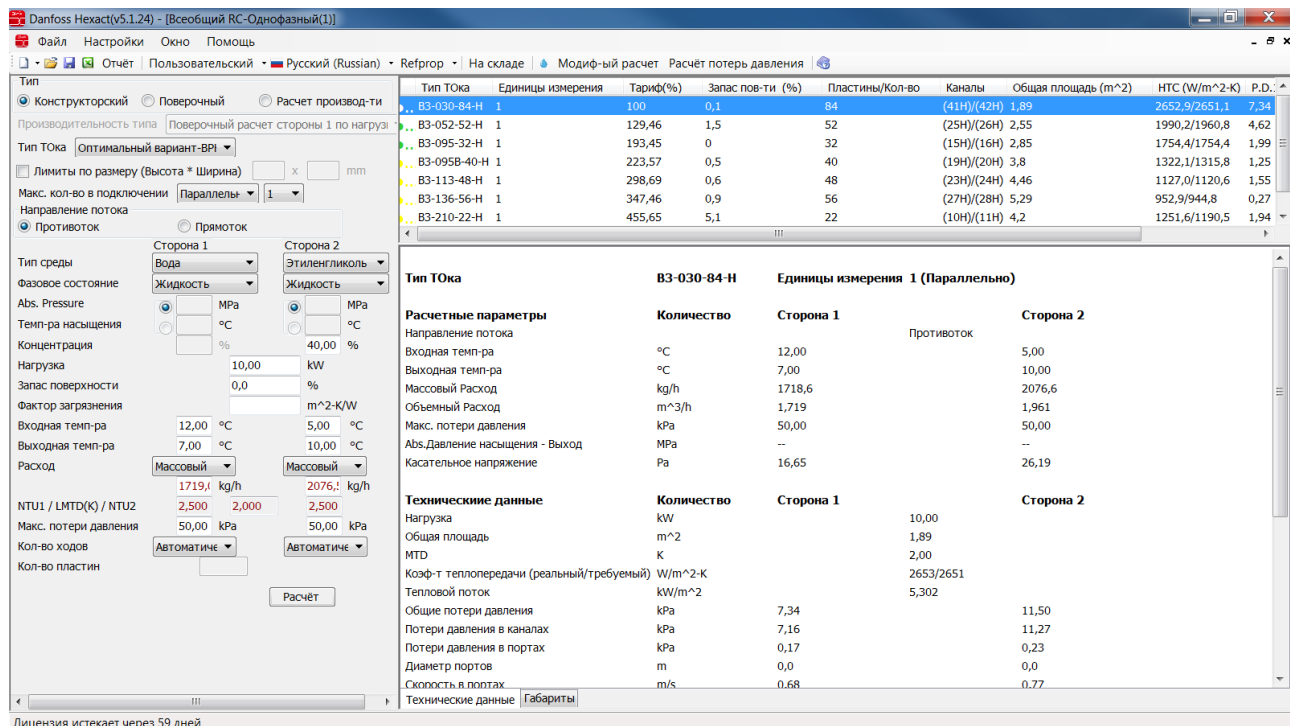
Расчетный HTC (коэффициент теплопередачи) не должен превышать 6000 Вт/м<sup>2</sup>·К.\*

Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются потери давления по обеим сторонам не более 50кПа.

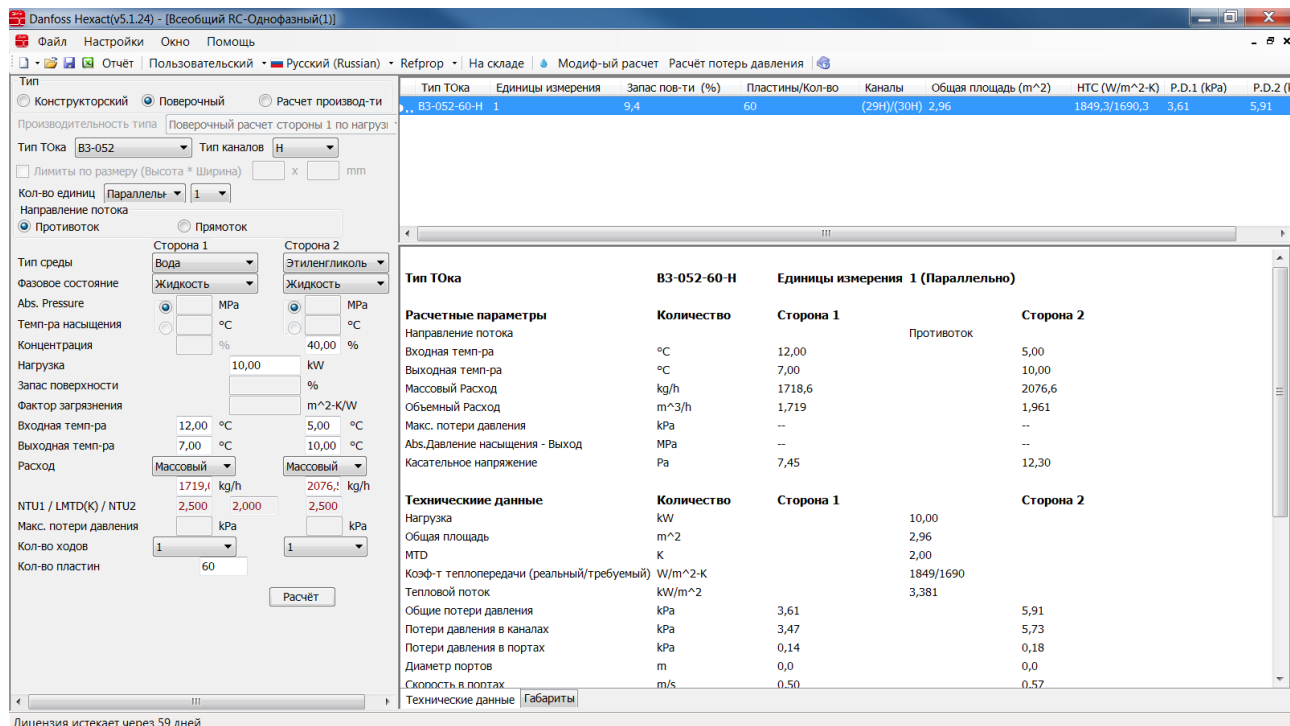
\*Данный параметр обеспечивает оптимальную работу теплообменника при заданных условиях.



4. Можно задать выбор теплообменников типа ВРНЕ. Для этого выберите “Оптимальный вариант ВРНЕ” и нажмите “Расчет”:



Чтобы сделать расчет складской модели, зайдите в «Поверочный», выберите модель, снизу укажите количество пластин и нажмите “Расчет”:



5. Проверьте расчетный HTC (коэффициент теплопередачи) и потери давления (см.пункт 3):



The screenshot shows the Danfoss Hexact v5.1.24 software interface. The main window displays calculation results for a plate heat exchanger model V3-052-60-N. The results table is as follows:

Тип Тока	Единицы измерения	Залпас пов-ти (%)	Пластин/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м²)	HTC (W/м²·К)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
V3-052-60-N	1	9,4	60	(29Н)(30Н)	2,96	1849,3/1690,3	3,61	5,91

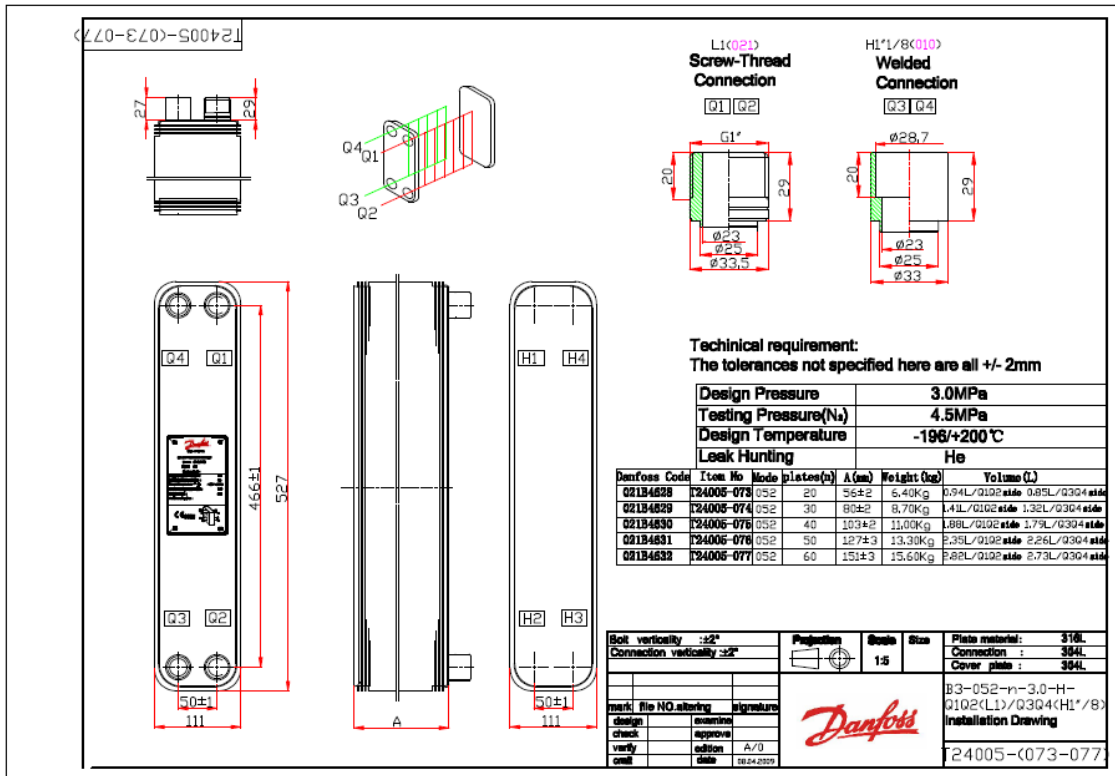
The results table also includes a detailed breakdown of parameters for the V3-052-60-N model, categorized into 'Расчетные параметры' (Calculation parameters) and 'Технические данные' (Technical data).

Расчетные параметры	Количество	Сторона 1	Сторона 2
Направление потока		Противоток	
Входная темп-ра	°C	12,00	5,00
Выходная темп-ра	°C	7,00	10,00
Массовый Расход	kg/h	1718,6	2076,6
Объемный Расход	м³/ч	1,719	1,961
Макс. потери давления	kPa	--	--
Абс.Давление насыщения - Выход	MPa	--	--
Касательное напряжение	Pa	7,45	12,30

The 'Технические данные' (Technical data) section includes:

Технические данные	Количество	Сторона 1	Сторона 2
Нагрузка	kW	10,00	
Общая площадь	м²	2,96	
MTD	K	2,00	
Кэф-т теплопередачи (реальный/требуемый)	W/м²·К	1849/1690	
Тепловой поток	kW/м²	3,381	
Общие потери давления	kPa	3,61	5,91
Потери давления в каналах	kPa	3,47	5,73
Потери давления в портах	kPa	0,14	0,18
Диаметр портов	m	0,0	0,0
Скорость в портах	м/с	0,50	0,57

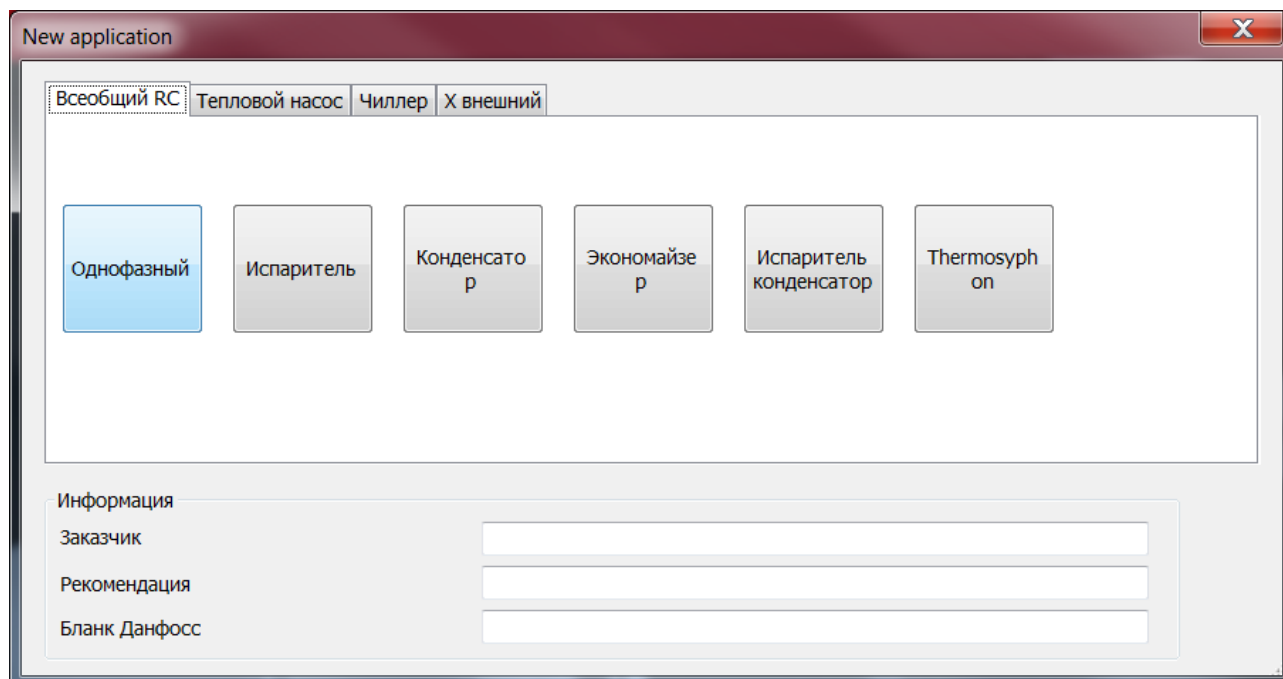
6. Для данного примера подобрана складская модель V3-052-60-3,0-N (30 бар), далее в [прайс-листе](#) для нее находим код заказа 021B4632. Обратите внимание, что если необходимы патрубки, отличные от указанных в прайс-листе, то модель будет заказной. Если необходимо заказать модель с каналами типа L, то название такой модели будет V3-052-60-3,0-L (30 бар) – заказная модель, срок поставки будет составлять 5 недель + 1 неделя для составления и занесения кода в систему. Для составления кода необходимо указать требуемые размеры присоединительных патрубков.
7. Возможные размеры присоединительных патрубков можно посмотреть на стр.20 каталога ["Теплообменники пластинчатые паяные Danfoss EnFusion, тип B"](#).
8. Запрос модели с указанием размеров присоединительных патрубков необходимо отправить на почту технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru)
9. От инженера технической поддержки Вы получите файл с чертежом данной модели. Вам необходимо проверить чертеж и, если все верно, запросить код на теплообменник.



10. Через неделю код появится в системе и его можно будет заказать [у дистрибьюторов](#) [отдела холодильной техники](#)

## Пример №2. Переохладитель

1. Откройте программу Нехаст, выберите “Однофазный”:



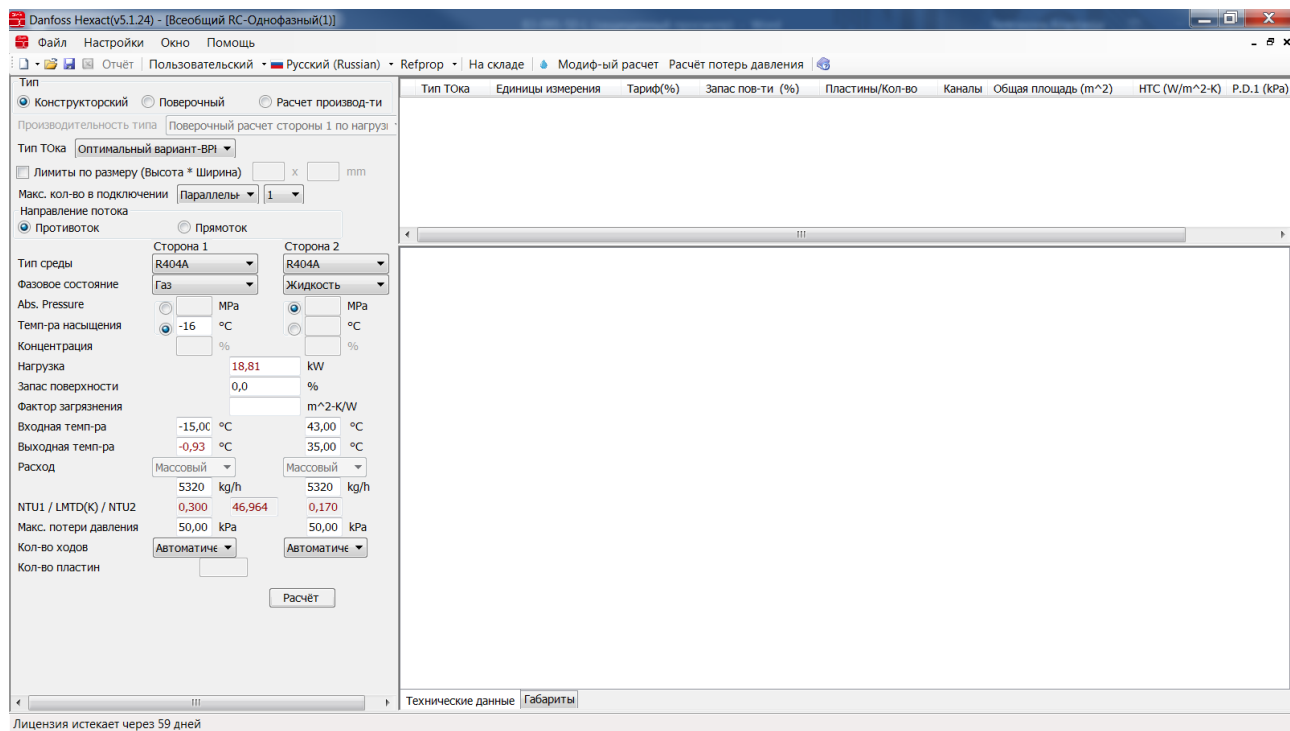
В данном случае теплообменник используется для охлаждения жидкого фреона на выходе из ресивера и для дополнительного перегрева фреона на линии всасывания. Для однофазных теплообменников больше подойдет серия ВРНЕ с пластинами L (максимально снижены потери давления).

2. Заполните данные по первой и второй стороне:

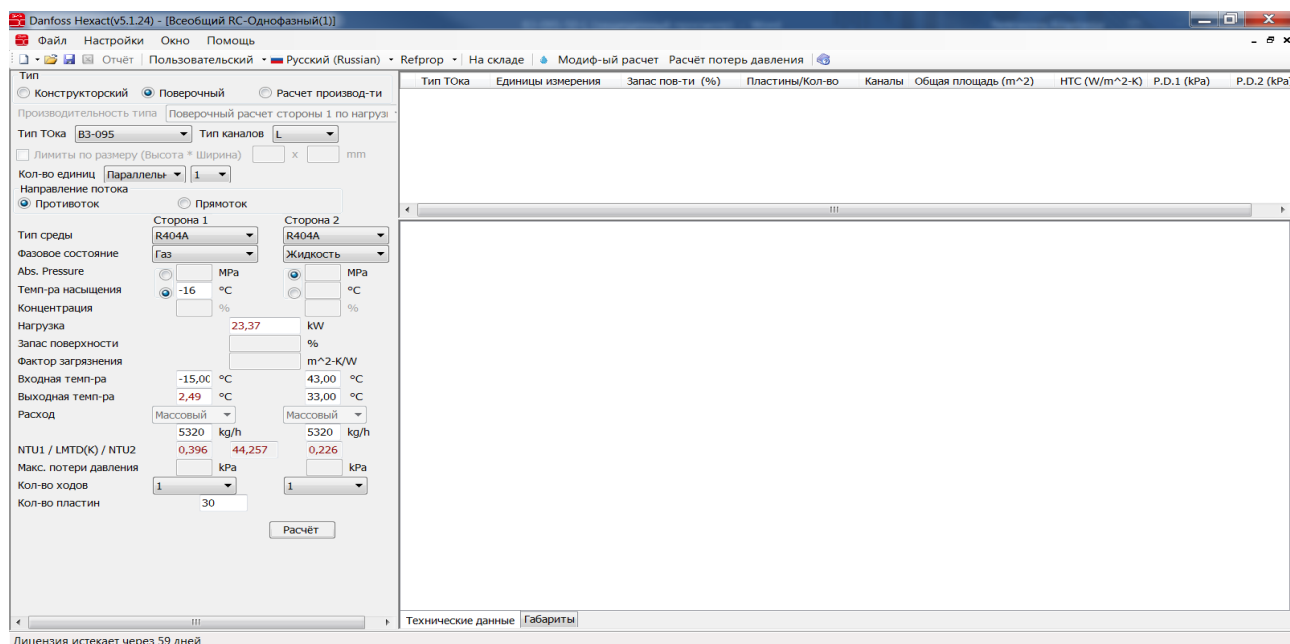
*Все значения параметров холодильной машины, величина потерь давления, перегрева и т.д. носят рекомендательный характер. Значения приведены с целью показать самые распространенные конфигурации применения теплообменников и не должны трактоваться как единственно возможные варианты. В каждом конкретном случае параметры для подбора теплообменного аппарата выбирает и утверждает разработчик холодильной машины/установки.*

- Выберите противоток, максимальные потери давления по обеим сторонам укажите согласно ТЗ (обычно принимаются 50 кПа).
- По левой стороне заполняем параметры по линии всасывания. Выбираем фреон, например, R404A, фазовое состояние – указываем газ, после этого указываем либо давление, либо температуру насыщения (в данном случае – температуру кипения).
- Входная температура по стороне с кипящим фреоном должна быть немного выше, чем температура насыщения (хотя бы на один градус).

- По правой стороне указываем параметры охлаждаемого фреона, который идет из ресивера. Входную температуру проставляем равной разности температуры конденсации и величины переохлаждения.
- По обеим сторонам указываем массовый расход фреона (он должен быть одинаковым), при этом убираем нагрузку.
- После этого проставляем либо температуру на выходе по левой стороне и убираем ее по правой стороне, либо проставляем температуру выхода переохлажденного фреона по правой стороне и при этом убираем температуру перегреваемого фреона по левой стороне.

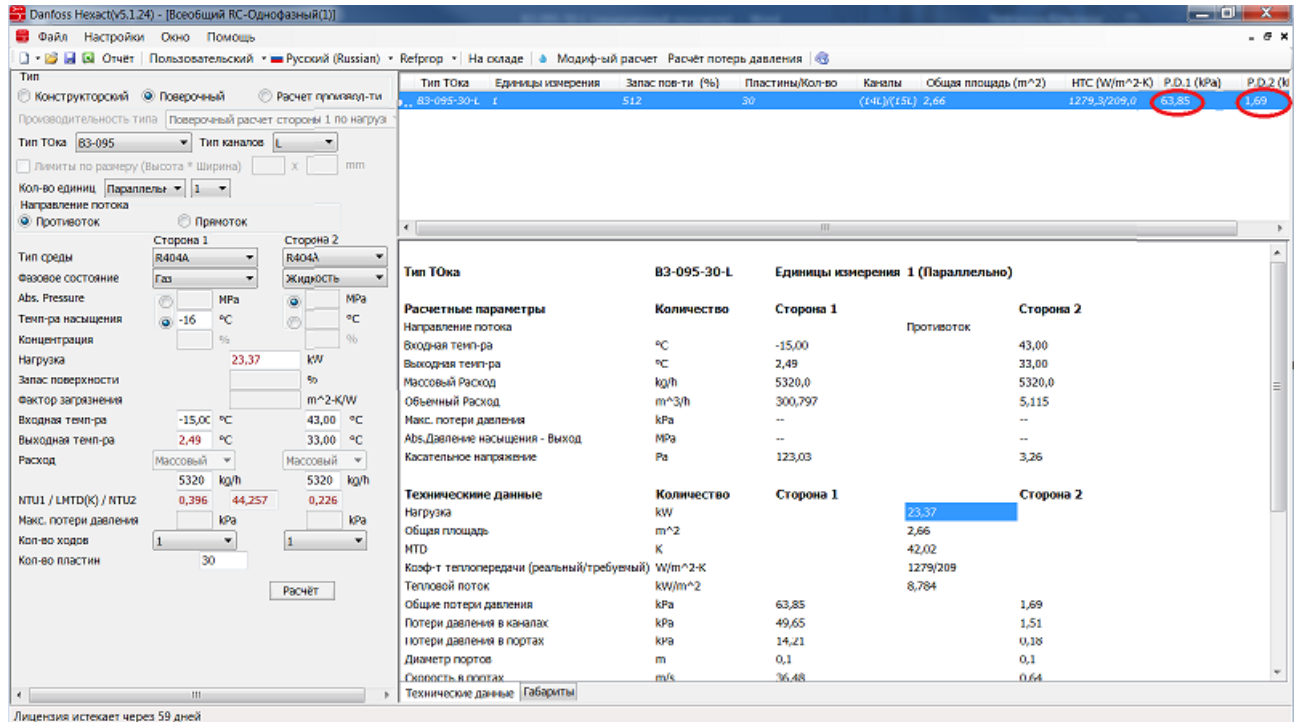


3. Чтобы ускорить процесс подбора можно сразу в поверочном расчете выбрать модель типа ВРНЕ с пластинами типа L и поставить любое количество пластин:



Важно!

Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются потери давления по обеим сторонам не более 50 кПа.

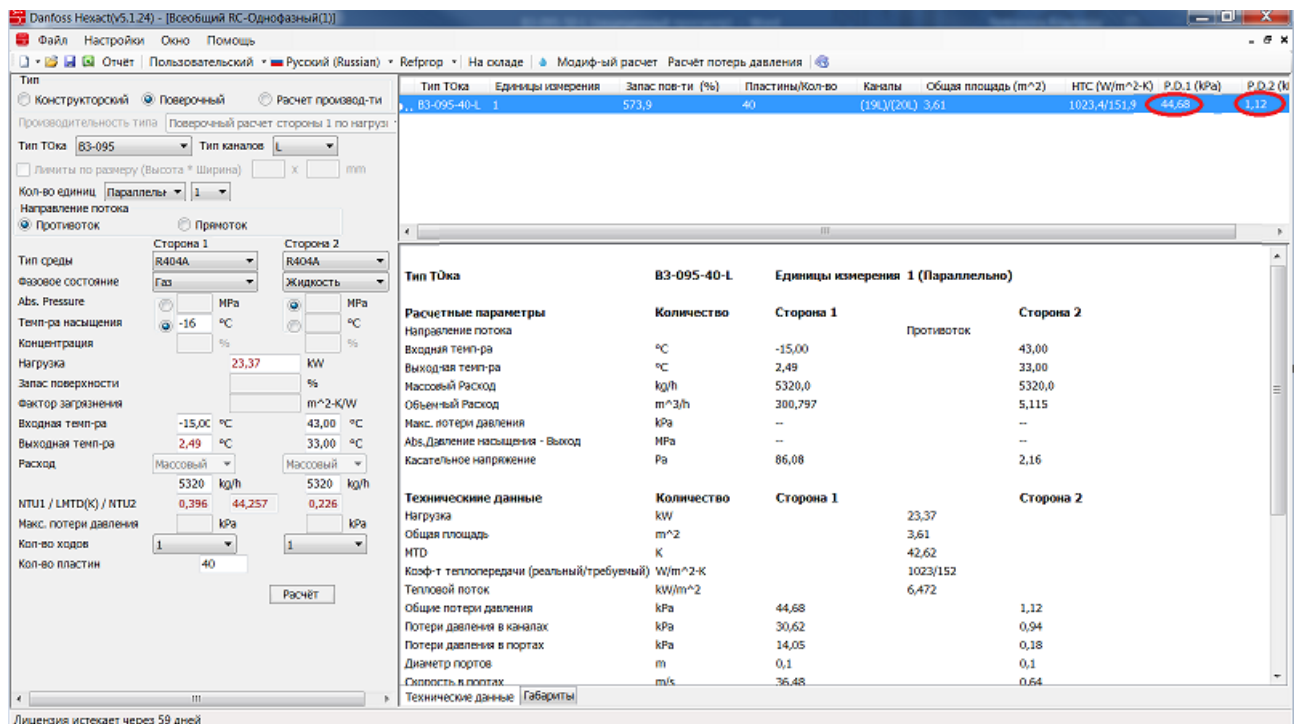


Тип Т0ка	Единицы измерения	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м²)	HTC (W/м²·К)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
V3-095-30-L	1	512	30	(14L)(15L)	2,66	1279,3/209,0	63,85	1,69

Тип Т0ка	В3-095-30-L	Единицы измерения 1 (Параллельно)	Сторона 1	Сторона 2
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>			
Направление потока		Противоток		
Входная темп-ра	°C	-15,00	43,00	
Выходная темп-ра	°C	2,49	33,00	
Массовый Расход	kg/h	5320,0	5320,0	
Объемный Расход	м³/ч	300,797	5,115	
Макс. потери давления	kPa	--	--	
Abs. Давление насыщения - Выход	MPa	--	--	
Касательное напряжение	Pa	123,03	3,26	
<b>Технические данные</b>	<b>Количество</b>		<b>Сторона 1</b>	<b>Сторона 2</b>
Нагрузка	kW		23,37	
Общая площадь	м²		2,66	
MTD	K		42,02	
Кэф-т теплопередачи (реальный/требуемый)	W/м²·К		1279,209	
Тепловой поток	kW/м²		8,784	
Общие потери давления	kPa		63,85	1,69
Потери давления в каналах	kPa		49,65	1,51
Потери давления в портах	kPa		14,41	0,18
Диаметр портов	m		0,1	0,1
Скорость в портах	m/s		36,48	0,64

Если потери давления слишком высоки, то необходимо увеличить количество пластин или выбрать модель большего типоразмера:



Тип Т0ка	Единицы измерения	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м²)	HTC (W/м²·К)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
V3-095-40-L	1	573,9	40	(19L)(20L)	3,61	1023,4/151,9	44,68	1,12

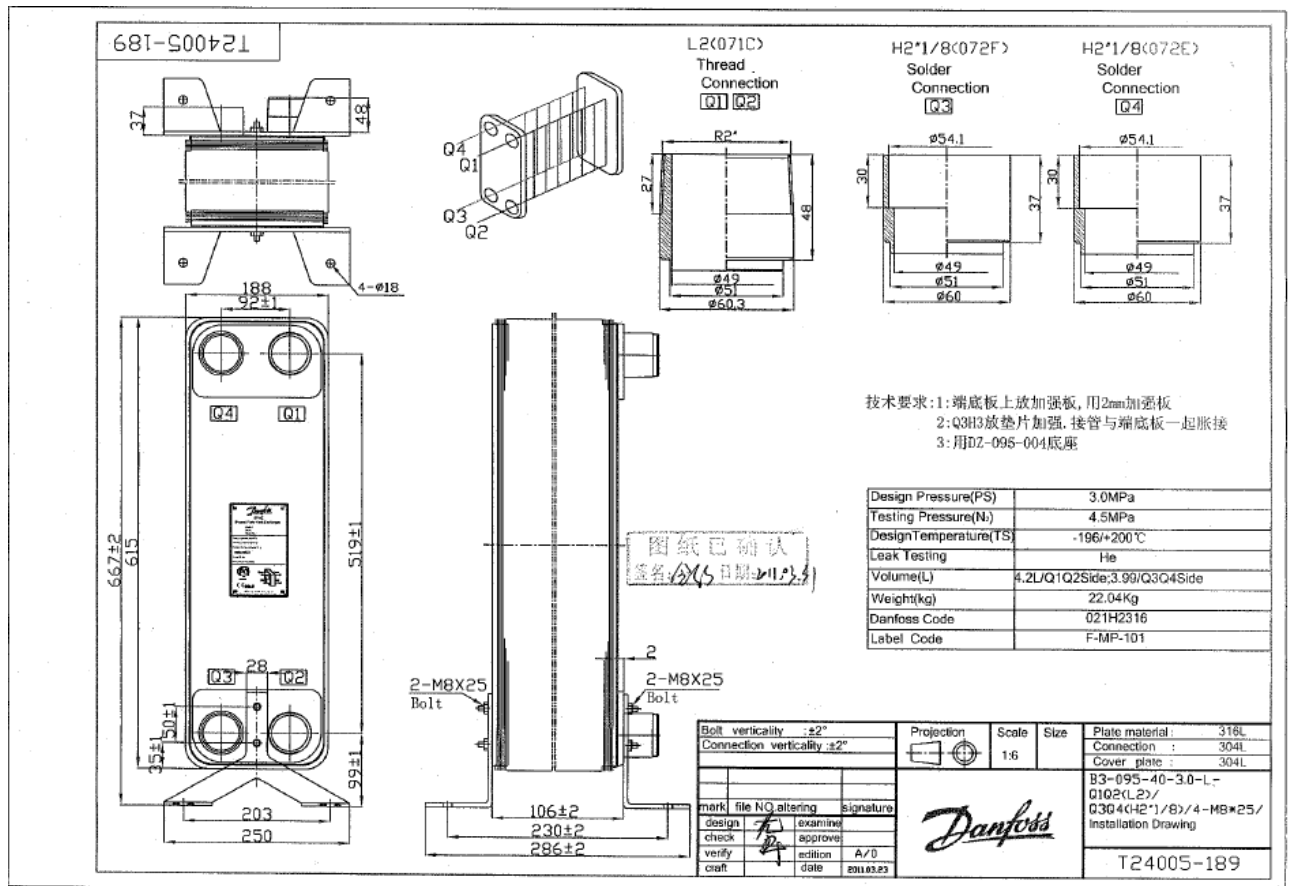
  

Тип Т0ка	В3-095-40-L	Единицы измерения 1 (Параллельно)	Сторона 1	Сторона 2
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>			
Направление потока		Противоток		
Входная темп-ра	°C	-15,00	43,00	
Выходная темп-ра	°C	2,49	33,00	
Массовый Расход	kg/h	5320,0	5320,0	
Объемный Расход	м³/ч	300,797	5,115	
Макс. потери давления	kPa	--	--	
Abs. Давление насыщения - Выход	MPa	--	--	
Касательное напряжение	Pa	86,08	2,16	
<b>Технические данные</b>	<b>Количество</b>		<b>Сторона 1</b>	<b>Сторона 2</b>
Нагрузка	kW		23,37	
Общая площадь	м²		3,61	
MTD	K		42,62	
Кэф-т теплопередачи (реальный/требуемый)	W/м²·К		1023/152	
Тепловой поток	kW/м²		6,472	
Общие потери давления	kPa		44,68	1,12
Потери давления в каналах	kPa		30,62	0,94
Потери давления в портах	kPa		14,05	0,18
Диаметр портов	m		0,1	0,1
Скорость в портах	m/s		36,48	0,64

- Для подобранной модели теплообменника V3-095-40-3,0-L (30 бар) находим в [прайс-листе](#) код заказа 021H2316. Обратите внимание на патрубки, если патрубки не устраивают, то возможно создать новый код с другими патрубками заказ.

Данная модель - заказная, срок поставки будет составлять 5 недель + 1 неделя для составления и занесения кода в систему. Для составления кода необходимо указать требуемые размеры присоединительных патрубков.

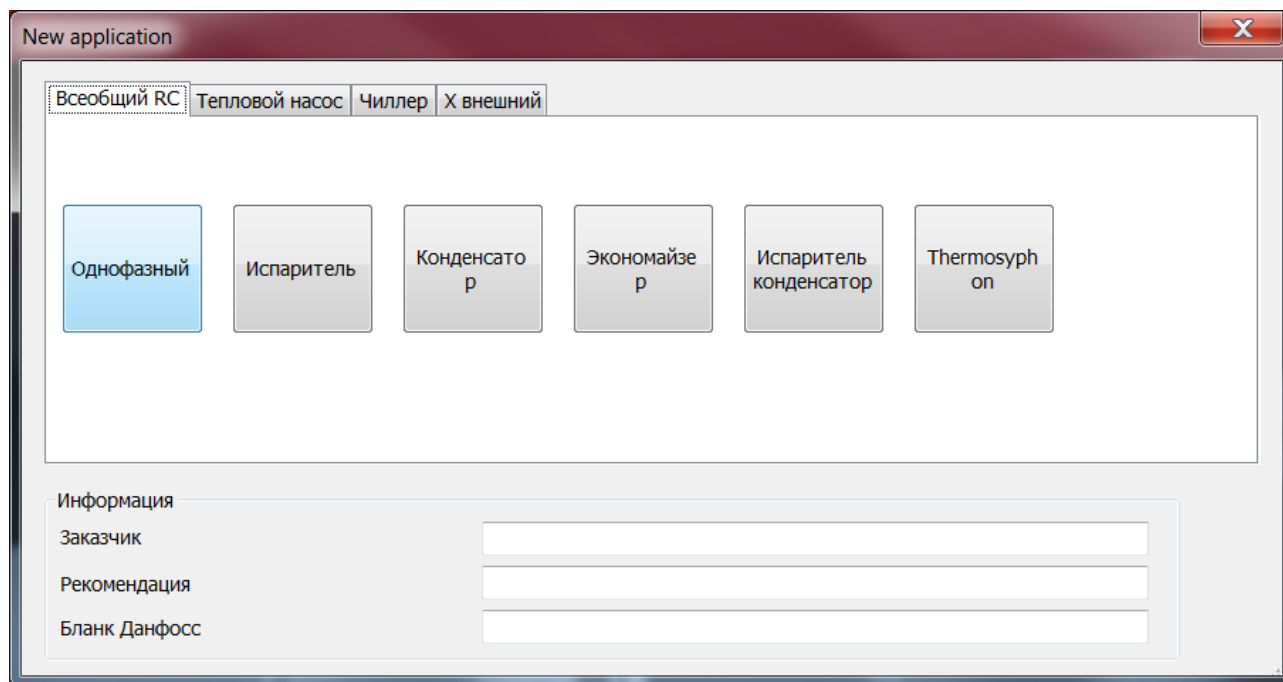
5. Возможные размеры присоединительных патрубков можно посмотреть на стр.20 каталога ["Теплообменники пластинчатые паяные Danfoss EnFusion, тип В"](#).
6. Запрос модели с указанием размеров присоединительных патрубков необходимо отправить на почту технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru)
7. От инженера технической поддержки Вы получите файл с чертежом данной модели. Вам необходимо проверить чертеж и, если все верно, запросить код на теплообменник.



8. Через неделю код появится в системе и его можно будет заказать [у дистрибьюторов отдела холодильной техники](#)

### Пример №3. Рекуператор-предконденсатор.

1. Откройте программу Нехаст, выберите “Однофазный”:



Для рекуператора больше подойдет серия ВРНЕ с пластинами L (максимально снижены потери давления).

2. Заполните данные по первой (фреон) и второй стороне (теплоноситель):

*Все значения параметров холодильной машины, величина потерь давления, перегрева и т.д. носят рекомендательный характер. Значения приведены с целью показать самые распространенные конфигурации применения теплообменников и не должны трактоваться как единственно возможные варианты. В каждом конкретном случае параметры для подбора теплообменного аппарата выбирает и утверждает разработчик холодильной машины/установки.*

По первой стороне:

- Выберите противоток, максимальные потери давления принимаются согласно требованиям заказчика (обычно не более 50 кПа по обеим сторонам).
- По стороне 1 вводятся данные по хладагенту, а по стороне 2 – по теплоносителю.
- По стороне 1 выберите тип среды (например, фреон R404A), фазовое состояние – газ, температуру насыщения укажите равной температуре конденсации.
- Нагрузка будет автоматически определена программой после задания массового расхода по хладагенту (сторона 1), поэтому окошко для ввода данных по нагрузке на теплообменник необходимо оставить пустым.
- Входная температура фреона (сторона 1) равна температуре нагнетания (указана в выгрузке на компрессор).



- Выходная температура по хладагенту:  
 $t_{\text{фреона на выходе}} = t_{\text{конденсации}} + 5K$

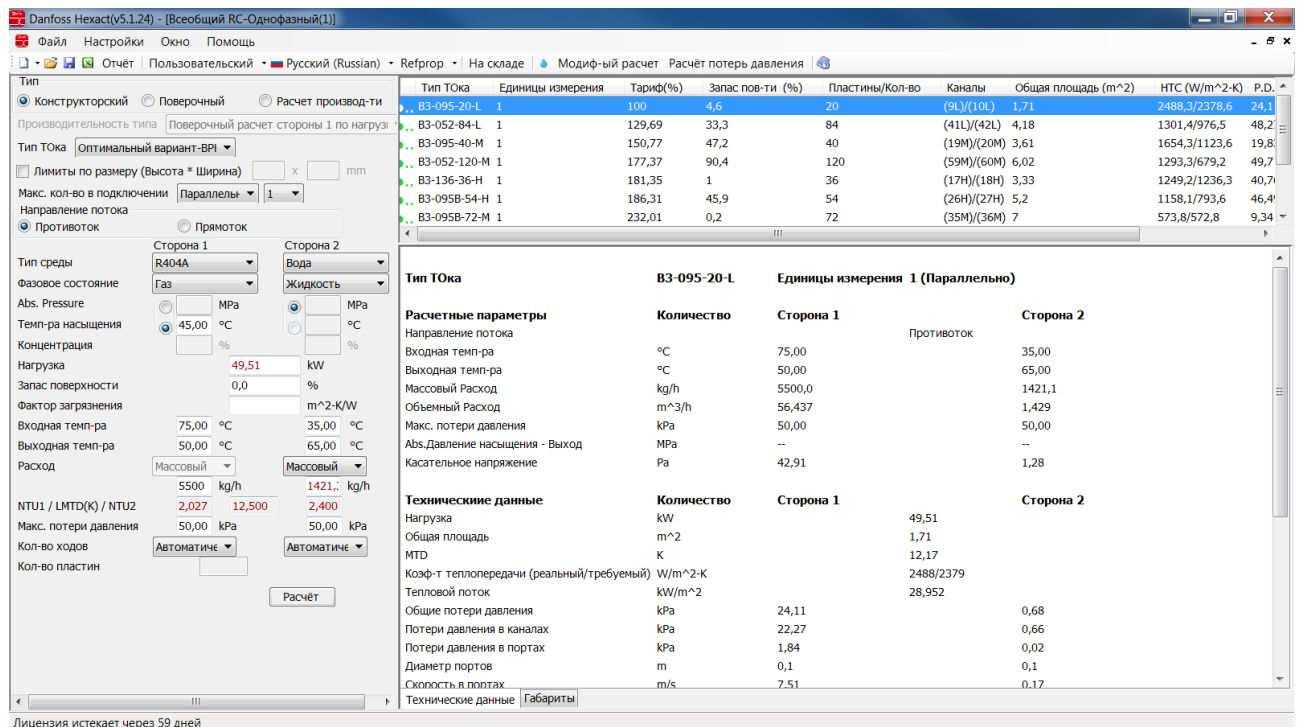
По второй стороне:

- Выберите тип среды, фазовое состояние “жидкость”.
- Входную температуру укажите равной 35 °С, выходную температуру 65 °С (если нет других данных в техническом задании).

Вода должна быть заранее подготовленной, водопроводную воду с температурой 10-20 °С применять не рекомендуется. При нагреве воды с 10-20 °С до 50-65 °С в теплообменнике образуется накипь, которая значительно сокращает срок его службы.

Для систем рекуперации лучше использовать серию ВРНЕ, модели с пластинами L-типа, поэтому выбираем «Оптимальный вариант-ВРНЕ». Далее нажмите “Расчет”.

3. Программа показывает список моделей, которые будут работать при данных условиях:



Тип ТОка	Единицы измерения	Тариф(%)	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м^2)	HTC (W/m^2-K)	P.D.
V3-095-20-L	1	100	4,6	20	(9L)/(10L)	1,71	2488,3/2378,6	24,1
V3-052-84-L	1	129,69	33,3	84	(41L)/(42L)	4,18	1301,4/976,5	48,2
V3-095-40-M	1	150,77	47,2	40	(19M)/(20M)	3,61	1654,3/1123,6	19,8
V3-052-120-M	1	177,37	90,4	120	(59M)/(60M)	6,02	1293,3/679,2	49,7
V3-136-36-N	1	181,35	1	36	(17N)/(18N)	3,33	1249,2/1236,3	40,7
V3-095B-54-N	1	186,31	45,9	54	(26N)/(27N)	5,2	1158,1/793,6	46,4
V3-095B-72-M	1	232,01	0,2	72	(35M)/(36M)	7	573,8/572,8	9,34

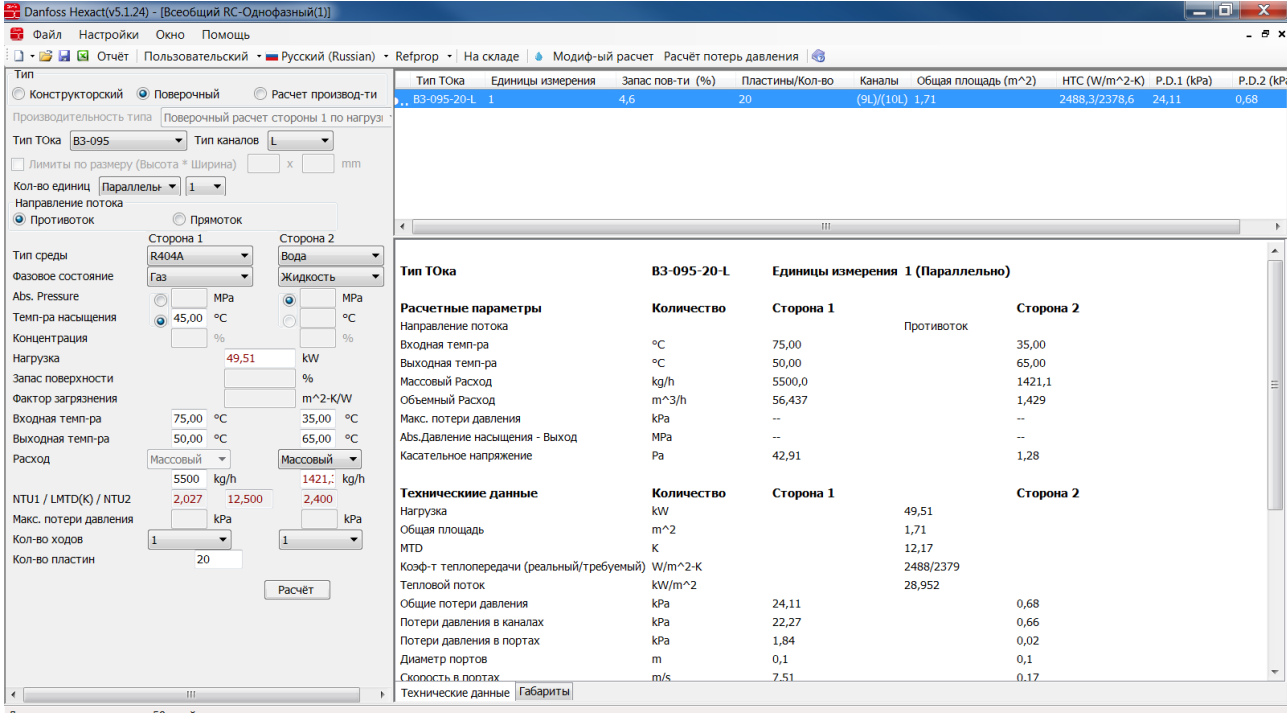
  

Тип ТОка	В3-095-20-L	Единицы измерения 1 (Параллельно)	
	Количество	Сторона 1	Сторона 2
<b>Расчетные параметры</b>			
Направление потока		Противоток	
Входная темп-ра	°С	75,00	35,00
Выходная темп-ра	°С	50,00	65,00
Массовый Расход	kg/h	5500,0	1421,1
Объемный Расход	м^3/h	56,437	1,429
Макс. потери давления	kPa	50,00	50,00
Абс. Давление насыщения - Выход	MPa	--	--
Касательное напряжение	Pa	42,91	1,28
<b>Технические данные</b>			
Нагрузка	kW	Сторона 1	Сторона 2
Общая площадь	м^2		49,51
MTD	K		12,17
Коэф-т теплопередачи (реальный/требуемый)	W/m^2-K		2488/2379
Тепловой поток	kW/m^2		28,952
Общие потери давления	kPa	24,11	0,68
Потери давления в каналах	kPa	22,27	0,66
Потери давления в портах	kPa	1,84	0,02
Диаметр портов	m	0,1	0,1
Скорость в портах	m/s	7,51	0,17

**Важно!**

Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются потери давления по обеим сторонам не более 50кПа.

Чтобы сделать расчет складской модели, зайдите в «Поверочный», выберите модель, снизу укажите количество пластин и нажмите “Расчет”:



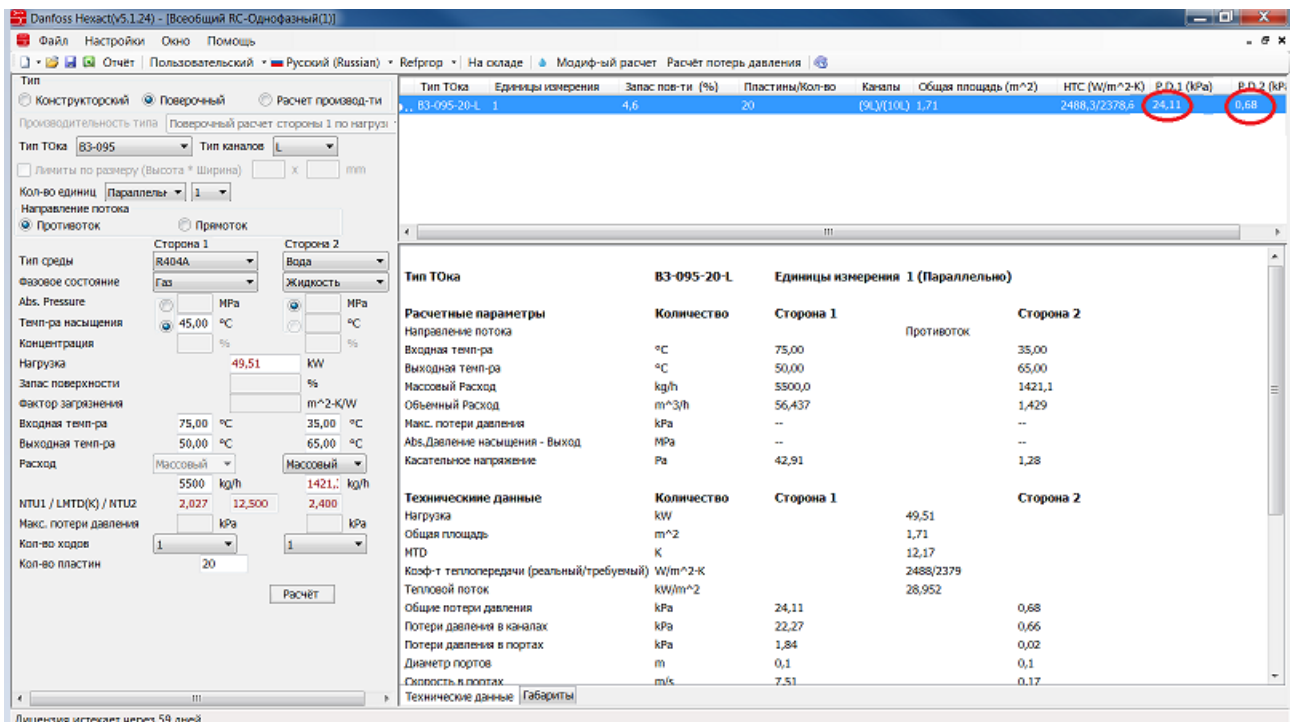
Лицензия истекает через 59 дней

Тип Тока	Единицы измерения	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/м <sup>2</sup> ·K)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
V3-095-20-L	1	4,6	20	(9L)/(10L)	1,71	2488,3/2378,6	24,11	0,68

Тип Тока	В3-095-20-L	Единицы измерения 1 (Параллельно)	
		Сторона 1	Сторона 2
<b>Расчетные параметры</b>			
Направление потока		Противоток	
Входная темп-ра	°C	75,00	35,00
Выходная темп-ра	°C	50,00	65,00
Массовый Расход	kg/h	5500,0	1421,1
Объемный Расход	м <sup>3</sup> /h	56,437	1,429
Макс. потери давления	kPa	--	--
Abs.Давление насыщения - Выход	MPa	--	--
Касательное напряжение	Pa	42,91	1,28
<b>Технические данные</b>			
Нагрузка	kW	49,51	
Общая площадь	м <sup>2</sup>	1,71	
MTD	K	12,17	
Коеф-т теплопередачи (реальный/требуемый)	W/м <sup>2</sup> ·K	2488/2379	
Тепловой поток	kW/м <sup>2</sup>	28,952	
Общие потери давления	kPa	24,11	0,68
Потери давления в каналах	kPa	22,27	0,66
Потери давления в портах	kPa	1,84	0,02
Диаметр портов	m	0,1	0,1
Скорость в портах	m/s	7,51	0,17

4. Проверьте потери давления (см. пункт 3):



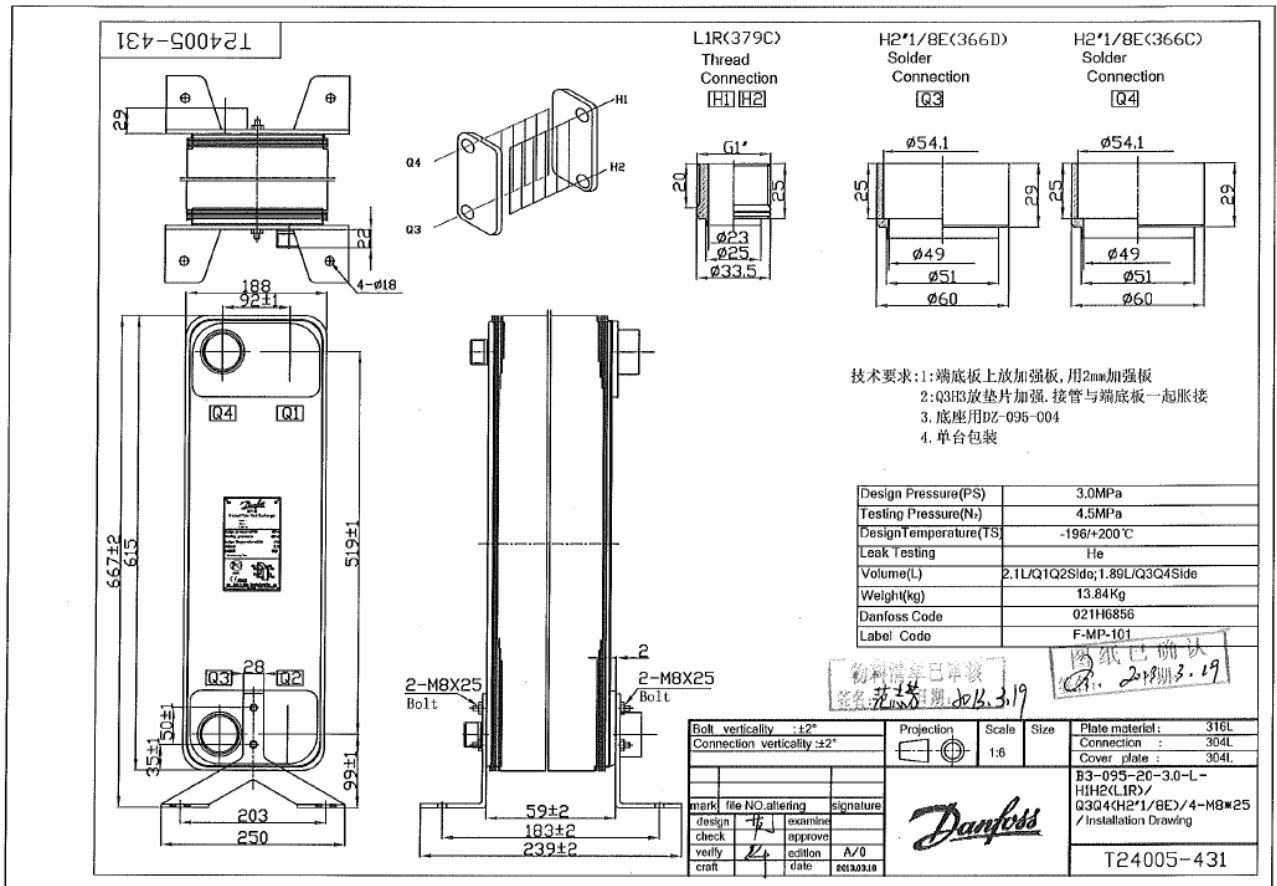
Лицензия истекает через 59 дней

Необходимо учитывать диаметр нагнетательного трубопровода (можно сделать расчет трубы в программе Coolselector2) и подбирать соответствующие патрубки и модели теплообменников. Диаметры присоединительных патрубков указаны [в прайс-листе](#).

5. Для данного примера подобрана складская модель V3-095-20-3,0-L (30 бар), далее в [прайс-листе](#) для нее находим код заказа 021N6856. Обратите внимание, что если необходимые патрубки, отличные от указанных в прайс-листе, то модель будет заказной.

6. Возможные размеры присоединительных патрубков можно посмотреть на стр.20 каталога ["Теплообменники пластинчатые паяные Danfoss EnFusion, тип В"](#).

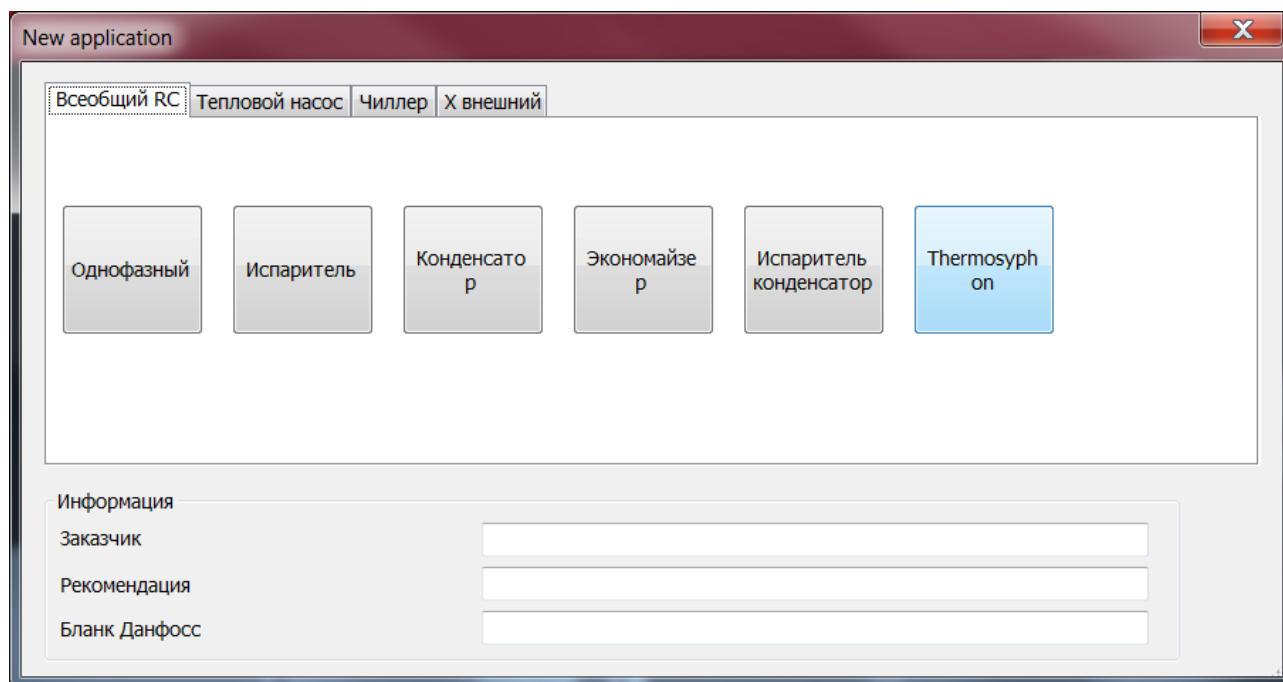
7. Запрос модели с указанием размеров присоединительных патрубков необходимо отправить на почту технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru)
8. От инженера технической поддержки Вы получите файл с чертежом данной модели. Вам необходимо проверить чертеж и, если все верно, запросить код на теплообменник.



9. Через неделю код появится в системе и его можно будет заказать [у дистрибьюторов отдела холодильной техники](#)

## Термосифон (маслоохладитель)

1. Откройте программу Hexact, выберите “Thermosyphon”:




Для термосифонов лучше использовать серию ВРНЕ, если пластины типа Н дают слишком высокие потери давления, то стоит использовать пластины типа L.

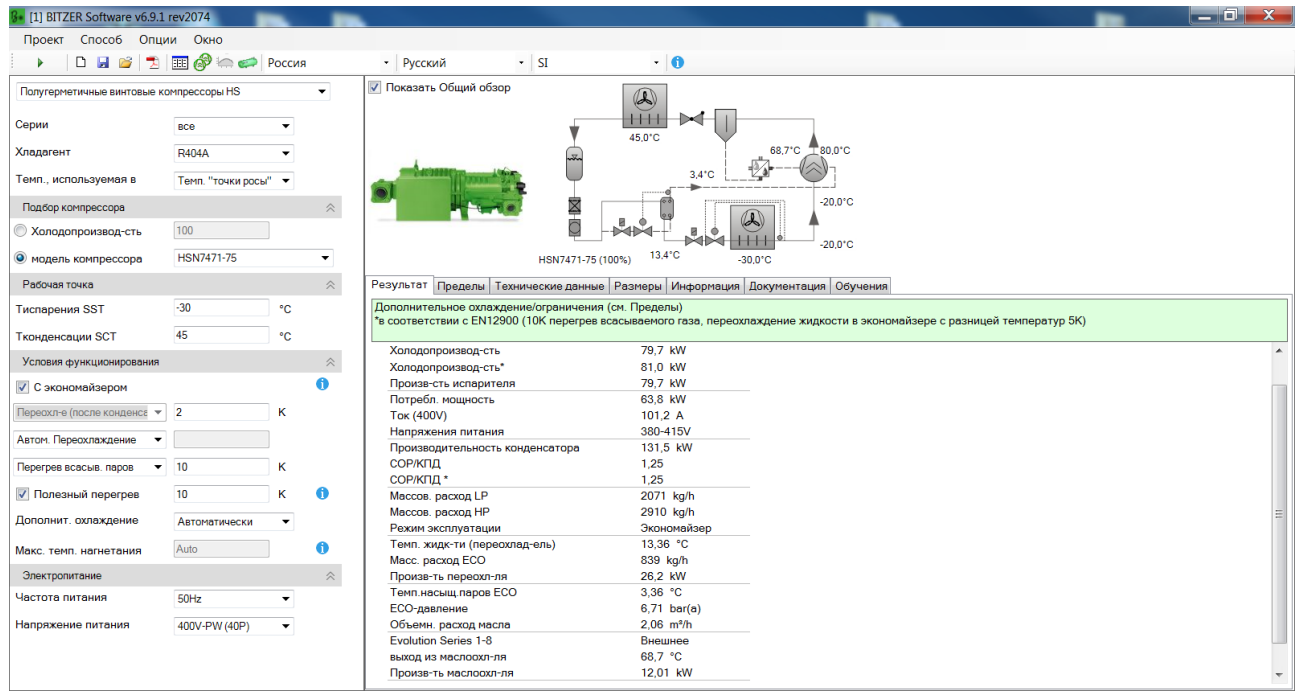
2. Заполните данные по первой (фреон) и второй стороне (масло):

*Все значения параметров холодильной машины, величина потерь давления, перегрева и т.д. носят рекомендательный характер. Значения приведены с целью показать самые распространенные конфигурации применения теплообменников и не должны трактоваться как единственно возможные варианты. В каждом конкретном случае параметры для подбора теплообменного аппарата выбирает и утверждает разработчик холодильной машины/установки.*

- Выберите направление потока: прямоток.
- Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются потери давления по обеим сторонам не более 50 кПа.
- По стороне с хладоносителем вводятся данные по фреону, а по стороне с теплоносителем – данные по маслу.
- По стороне с хладоносителем выберите тип среды (например, фреон R404A).
- Вместо температуры жидкости на входе в ТРВ выберите “состояние на входе” и укажите его равным 0,001 (потому что в теплообменник будет входить жидкость, вышедшая из ресивера).

- Вместо перегрева выберите “состояние на выходе” и укажите его равным 0,8 (потому что из теплообменника будет выходить парожидкостная смесь) или же другое значение (если в ТЗ указаны данные о состоянии фреона на выходе из теплообменника).
- Температуру кипения укажите равной температуре конденсации.
- Проставьте нагрузку на маслоохладитель.
- По стороне с теплоносителем выберите тип среды. Например, масло HuOil ISOVG100 (аналогично маслу Bitzer B100). Также, в программе Nexact есть возможность добавлять новые вещества (значок капельки: ). Если такого значка в программе нет, то обратитесь к специалистам технической поддержки на почту [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru) с просьбой сделать расширенную лицензию на Nexact.
- Температуру масла на входе укажите равной температуре нагнетания.
- Температуру масла на выходе укажите согласно данным в ТЗ.

Разберем конкретный пример на расчете компрессора Bitzer (масло BSE170 было предварительно занесено в программу Nexact, см. пример ниже):



The screenshot shows the BITZER Software interface. On the left, there are configuration options for the compressor, including refrigerant (R404A), model (HSN7471-75), and operating conditions (SST: -30°C, SCT: 45°C). The main area displays a schematic diagram of the refrigeration cycle with temperature points: 45.0°C, 3.4°C, 68.7°C, 80.0°C, 13.4°C, and -30.0°C. Below the diagram is a table of technical data.

Дополнительное охлаждение/ограничения (см. Пределы) * в соответствии с EN12900 (10K перегрев всасываемого газа, переохлаждение жидкости в экономайзере с разницей температур 5K)	
Холодопроизвод-сть	79,7 kW
Холодопроизвод-сть*	81,0 kW
Произ-сть испарителя	79,7 kW
Потребл. мощность	63,8 kW
Ток (400V)	101,2 A
Напряжения питания	380-415V
Производительность конденсатора	131,5 kW
SOP/КПД	1,25
SOP/КПД *	1,25
Массов. расход LP	2071 kg/h
Массов. расход HP	2910 kg/h
Режим эксплуатации	Экономайзер
Темп. жидк-ти (переохлад-ель)	13,36 °C
Масс. расход ECO	839 kg/h
Произ-ть переохл-ля	26,2 kW
Темп. насыщ паров ECO	3,36 °C
ECO-давление	6,71 bar(a)
Объемн. расход масла	2,06 m³/h
Evolution Series 1-8	Внешнее
Выход из маслоохл-ля	68,7 °C
Произ-ть маслоохл-ля	12,01 kW

BITZER Software v6.9.1 rev2074

Проект Способ Опции Окно

Полуприкрытые винтовые компрессоры HS

Серии все

Хладагент R404A

Темп. испаряемая в Темп. "точки росы"

Выбор компрессора

Холодпроизводительность 100

Модель компрессора HSN7471-75

Рабочая точка

Тиспарения SST -30 °C

Тконденсации SCT 45 °C

Условия функционирования

С экономайзером

Перегрев (после конденсатора) 2 K

Автом. Переохлаждение

Перегрев всасыв. пара 10 K

Польз. перегрев 10 K

Дополнит. охлаждение Автоматически

Макс. темп. намотания Авто

Электроснабжение

Частота питания 50Hz

Напряжение питания 400V-FW (40P)

Показать Общий обзор

45.0°C, 68.7°C, 30.0°C, 3.4°C, 13.4°C, -20.0°C, -30.0°C

HSN7471-75 (100%)

Результат

Дополнительное охлаждение/ограничения (см. Границы)  
\* в соответствии с EN12900 (10K перегрев всасываемого газа, переохлаждение жидкости в экономайзере с разницей температур 5K)

Холодпроизводитель-сть	79.7 kW
Холодпроизводитель-сть*	81.0 kW
Произв-сть испарителя	79.7 kW
Потребл. мощность	63.8 kW
Ток (400V)	101.2 A
Напряжение питания	350-415V
Прокладываемость конденсатора	131.5 kW
СОР/КПД	1.25
СОР/КПД*	1.25
Массов. расход LP	2071 kg/h
Массов. расход HP	2910 kg/h
Режим испарителя	Экономайзер
Темп. жид-ти (перевалд-ль)	13.35 °C
Масс. расход ECO	839 kg/h
Проклад-ть перевалд-ля	26.2 kW
Темп. насыщ. пара ECO	3.36 °C
ECO-давление	6.71 bar(a)
Объемн. расход масла	2.05 m³/h
Evolution Series 1-8	Внешнее
Выход из маслоотл-ля	68.7 °C
Проклад-ть маслоотл-ля	12.01 kW

Нажимаем "Расчет".

Появится вот такое предупреждение:

**Внимание**

Warning: Low Re number below 100 and selection not verified by lab data. There is a risk that the predicted performance will not be reached.

OK

Действительно, на заводе-изготовителе испытания на масла и гликоли не проводились.

Danfoss Hexact(v5.1.24) - [Всеобщий RC-Thermosiphon(1)]

Производительность типа Найти Типения и расход теплоносителя

Тип Тока	Единицы измерения	Тариф(%)	Запас пов-ти (%)	Пластину/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м²)	HTC (W/м²·K)	P.D.
V3-020-34-N	1	100	5,1	34	(16H)/(17H)	0,64	678,7/645,6	8,78
V3-052-14-L	1	130,35	13,8	14	(6L)/(7L)	0,61	768,0/674,8	7,17
V3-052-32-N	1	214,4	6,2	32	(15H)/(16H)	1,53	286,7/269,9	8,87
V3-027-56-N	1	223,74	1,4	56	(27H)/(28H)	1,35	310,2/305,8	3,65
V3-095-8-M	1	245,14	13,5	8	(3M)/(4M)	0,57	822,4/724,3	3,36
V3-095-8-L	1	245,14	13,8	8	(3L)/(4L)	0,57	823,8/724,2	1,71
V3-027-64-L	1	248,64	1,8	64	(31L)/(32L)	1,55	271,1/266,3	0,46

Тип Тока V3-020-34-N Единицы измерения 1 (Параллельно)

Расчетные параметры

Параметр	Количество	Страна с хладоносителем	Страна с теплоносителем
Входная темп-ра	°C	44,78	80,00
Темп-ра кипения	°C	45,00	
Перегрев	K	0,00	
Выходная темп-ра	°C	45,00	68,70
Массовый Расход	kg/h	480,1	1925,4
Объемный Расход	m³/h		2,070
Нагрузка	KW		12,01
Среднеарифметический температурный напор	K		29,07
Тепловой поток	KW/m²		18,766
Abs.Давление кипения	MPa	2,04	
Касательное напряжение	Pa	29,22	164,03

Свойства теплоносителя

Параметр	Количество	Страна с хладоносителем	Страна с теплоносителем
Общие потери давления	kPa	8,78	48,56
Потери давления в каналах	kPa	7,92	44,49
Потери давления в портах	kPa	0,86	4,07
Потери давления в дистрибуторе	kPa	0,00	
Скорость в портах	m/s	0,46(Вход)/2,97(Выход)	1,82
Скорость в каналах	m/s	0,25	0,25
Число Рейнольдса			26

Лицензия истекает через 59 дней



3. Важно!

Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются потери давления по обеим сторонам не более 50кПа.

4. Чтобы сделать расчет складской модели, зайдите в "Поверочный", выберите модель, снизу укажите количество пластин и нажмите "Расчет":

The screenshot shows the 'Поверочный' (Check) tab in the software. The main table displays the following data:

Тип Тока	Единицы измерения	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/m <sup>2</sup> ·K)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
B3-052-40-N	1	8,5	40	(19H)/(20H)	1,94	231,1/213,1	6,77	36,55

The 'Расчетные параметры' (Calculation parameters) table is also visible:

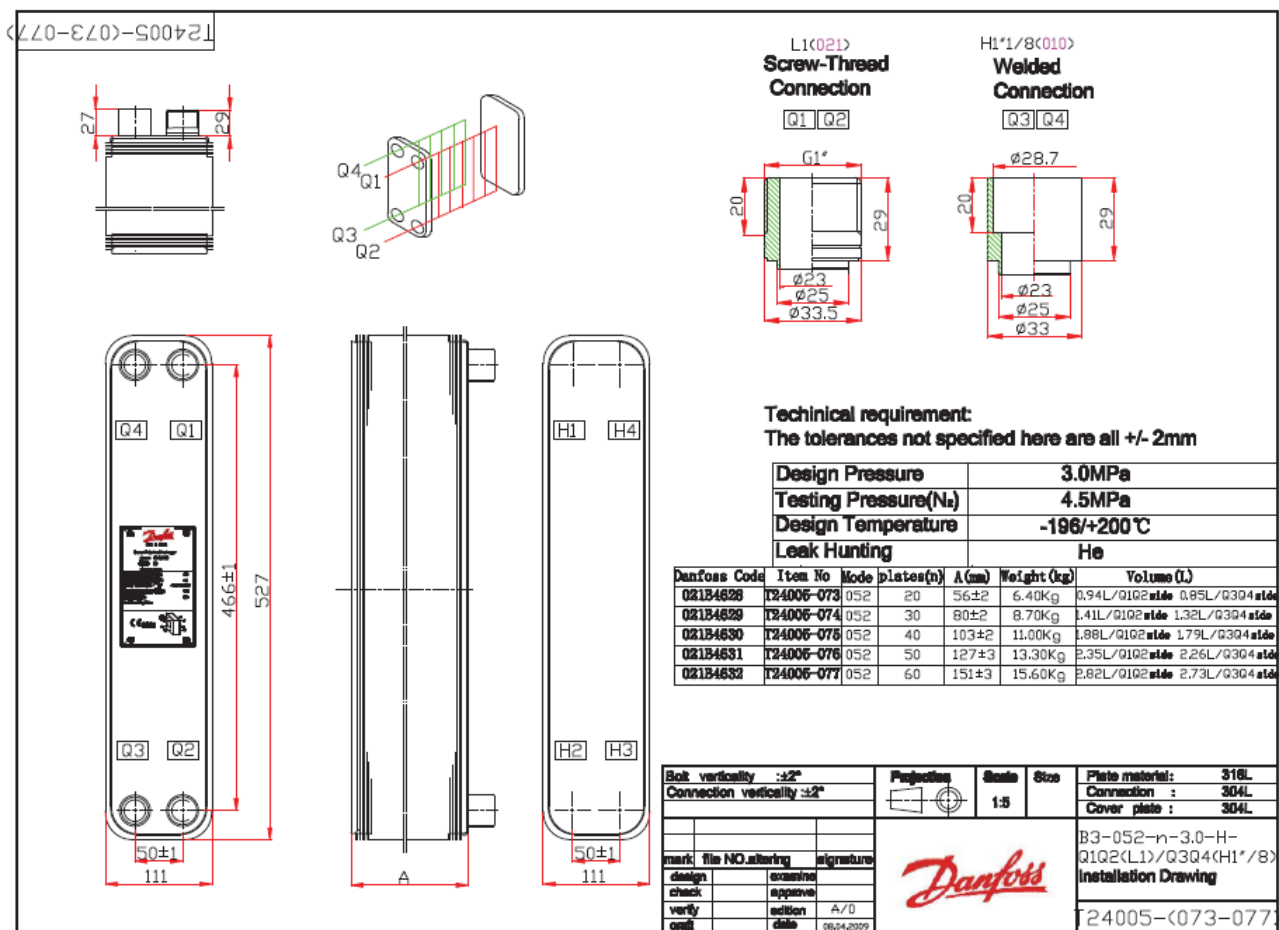
Тип Тока	В3-052-40-N	Единицы измерения	1 (Параллельно)
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Входная темп-ра	°C	44,91	80,00
Темп-ра кипения	°C	45,00	
Перегрев	K	0,00	
Выходная темп-ра	°C	45,00	68,70
Массовый Расход	kg/h	480,1	1925,4
Объемный Расход	м <sup>3</sup> /h		2,070
Нагрузка	kW	12,01	
Среднегеометрический температурный напор	K	29,09	
Тепловой поток	kW/m <sup>2</sup>	6,197	
Abs. Давление кипения	MPa	2,04	
Касательное напряжение	Pa	14,34	78,01

5. Проверьте потери давления (см. пункт 3):

This screenshot is identical to the previous one, but with red circles highlighting the pressure loss values in the top table: P.D.1 (6,77) and P.D.2 (36,55).



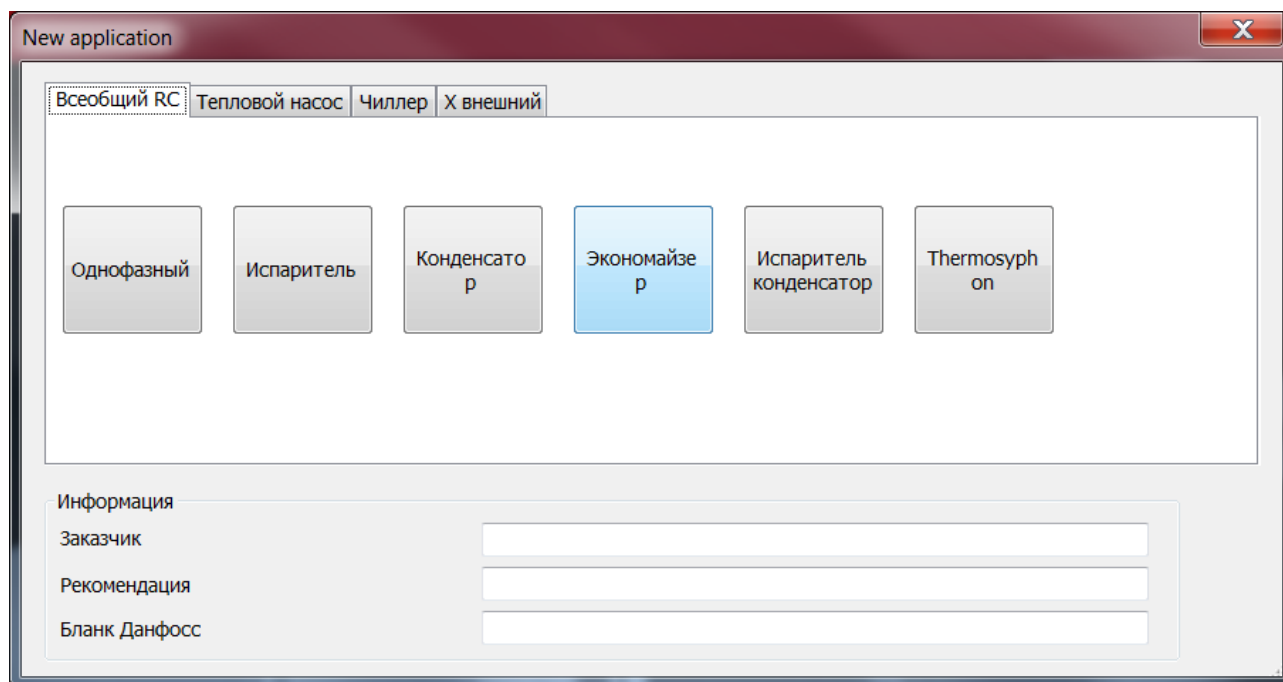
6. Для данного примера подобрана складская модель В3-052-40-3,0-Н (30 бар), далее в [прайс-листе](#) для нее находим код заказа 021В4630. Обратите внимание, что если необходимы патрубки, отличные от указанных в прайс-листе, то модель будет заказной. Например, для применения с R410А будет необходим теплообменник В3-052-40-**4,5**-Н (45 бар) – заказная модель, срок поставки будет составлять 5 недель + 1 неделя для составления и занесения кода в систему. Для составления кода необходимо указать требуемые размеры присоединительных патрубков.
7. Возможные размеры присоединительных патрубков можно посмотреть на стр.20 каталога ["Теплообменники пластинчатые паяные Danfoss EnFusion, тип В"](#).
8. Запрос модели с указанием размеров присоединительных патрубков необходимо отправить на почту технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru)
9. От инженера технической поддержки Вы получите файл с чертежом данной модели. Вам необходимо проверить чертеж и, если все верно, запросить код на теплообменник.



10. Через неделю код появится в системе и его можно будет заказать [у дистрибьюторов](#) [отдела холодильной техники](#)

## Экономайзер

1. Откройте программу Нехаст, выберите “Экономайзер”:



Для экономайзеров подойдет как серия MPHE, так и VPHE. У серии MPHE меньше глубина канала, выше тепловой поток и лучше теплопередача, однако, стоит обращать внимание на потери давления. Если по каким-либо параметрам серия MPHE не подходит (например, тепловой поток слишком высок), то следует выбрать серию VPHE.

2. Заполните данные:

*Все значения параметров холодильной машины, величина потерь давления, перегрева и т.д. носят рекомендательный характер. Значения приведены с целью показать самые распространенные конфигурации применения теплообменников и не должны трактоваться как единственно возможные варианты. В каждом конкретном случае параметры для подбора теплообменного аппарата выбирает и утверждает разработчик холодильной машины/установки.*

По стороне с хладоносителем (фреон, который после дросселирования кипит в данном теплообменнике):

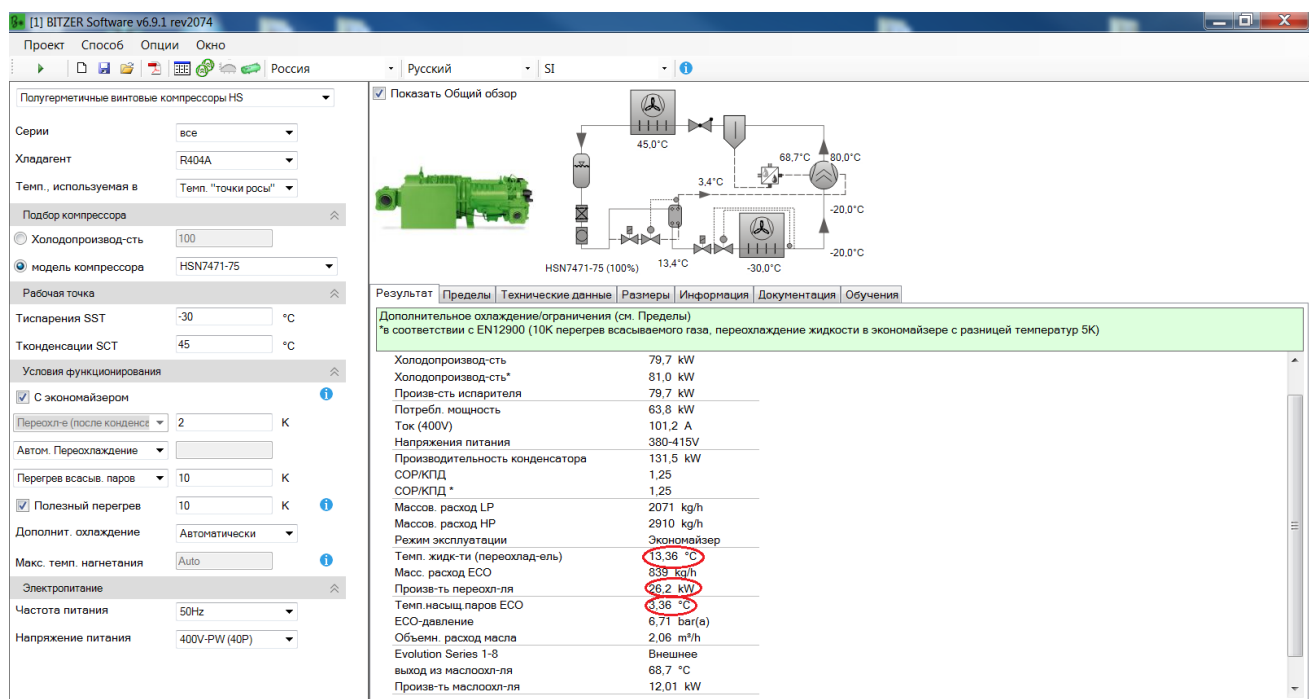
- Выберите противоток.
- Температуру жидкости на входе в TPВ укажите равной разности температуры конденсации и величины переохлаждения в воздушном конденсаторе (2K).
- Температуру кипения укажите равной температуре кипения хладагента в экономайзере.
- Укажите перегрев равным 10K (если в ТЗ нет данных о перегреве).
- Укажите нагрузку на теплообменник.

- Если в ТЗ не прописаны данные по нагрузке на теплообменник, то нагрузка будет автоматически определена программой после задания массового расхода хладагента, поэтому в строке “Нагрузка” необходимо убрать данные, иначе программа будет выдать ошибку.

По стороне с теплоносителем (фреон, который будет охлаждаться в теплообменнике без предварительного дросселирования):

- Входная температура равна разности температуры конденсации и величины переохлаждения в воздушном конденсаторе (2K).
- Выходная температура равна температуре переохлажденной жидкости.

Например: расчет компрессора с экономайзером по программе Bitzer:

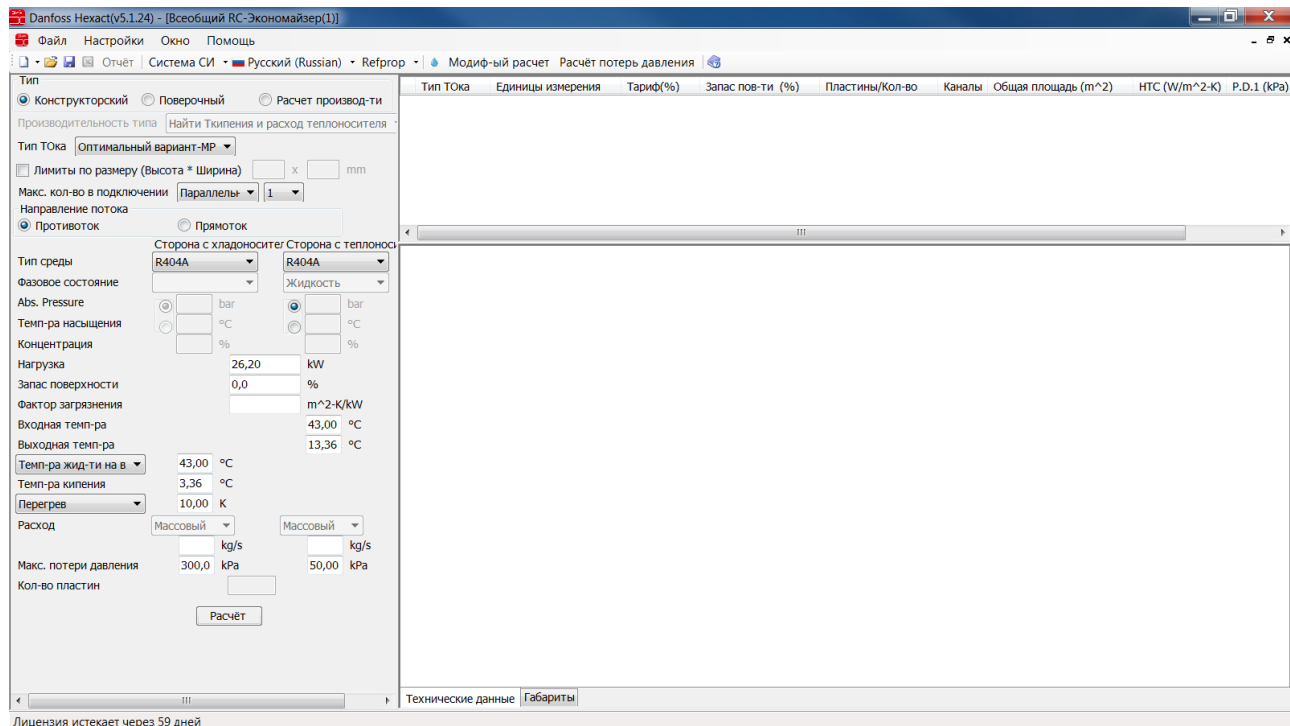


The screenshot shows the BITZER Software interface. On the left, there are configuration options for the compressor (HSN7471-75) and operating conditions (SST: -30°C, SCT: 45°C). The main area displays a schematic of the refrigeration cycle with various temperature points: 45.0°C, 3.4°C, 68.7°C, 30.0°C, 13.4°C, and -20.0°C. Below the schematic is a table of technical data.

Дополнительное охлаждение/ограничения (см. Пределы) * в соответствии с EN12900 (10K перегрев всасываемого газа, переохлаждение жидкости в экономайзере с разницей температур 5K)	
Холодопроизвод-сть	79,7 kW
Холодопроизвод-сть*	81,0 kW
Произв-сть испарителя	79,7 kW
Потребл. мощность	63,8 kW
Ток (400V)	101,2 A
Напряжения питания	380-415V
Производительность конденсатора	131,5 kW
СОР/ЖПД	1,25
СОР/ЖПД *	1,25
Массов. расход LP	2071 kg/h
Массов. расход HP	2910 kg/h
Режим эксплуатации	Экономайзер
Темп. жидк-ти (переохлад-ель)	13,36 °C
Масс. расход ECO	839 kg/h
Произв-ть переохл-ля	26,2 kW
Темп. насыщ. паров ECO	3,36 °C
ECO-давление	6,71 bar(a)
Объемн. расход масла	2,06 m³/h
Evolution Series 1-8	Внешнее
Выход из маслоохл-ля	68,7 °C
Произв-ть маслоохл-ля	12,01 kW

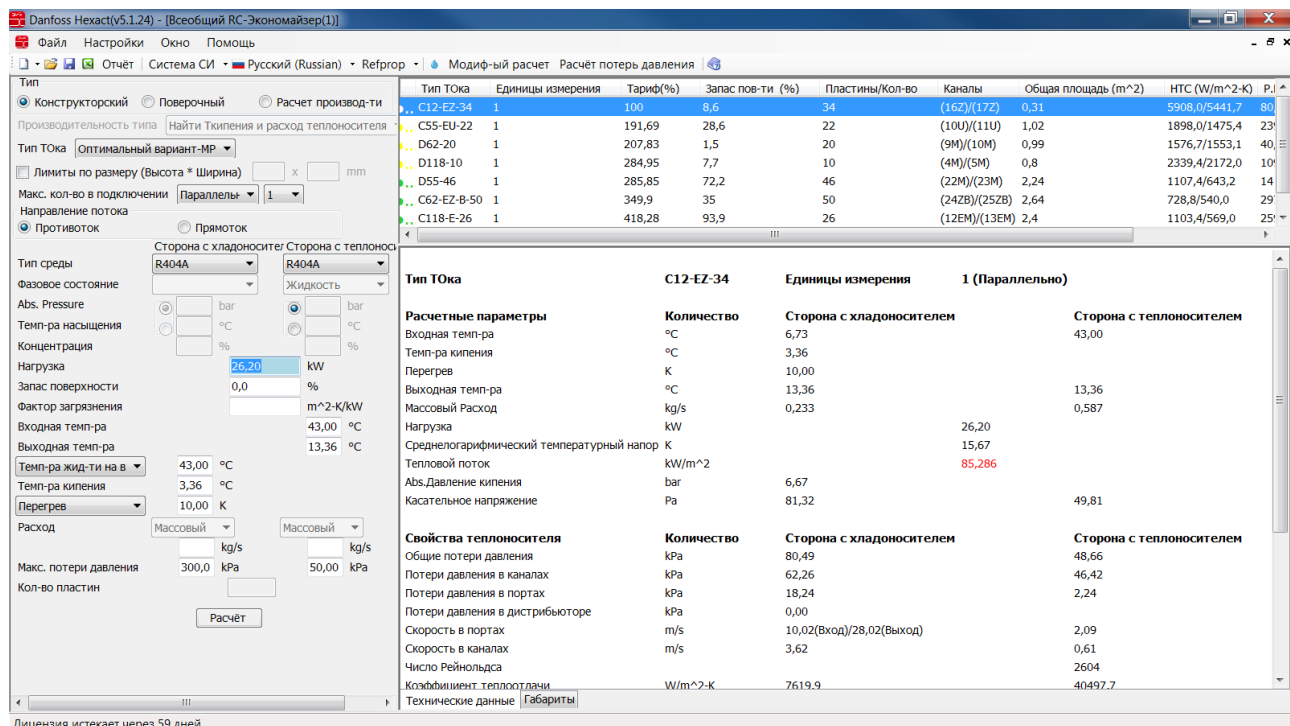
- Выберите тип среды: R404A (по обеим сторонам).
- Нагрузку укажите равной производительности переохладителя, в данном случае – 26,2кВт.
- Температуру фреона на входе в TPV (по стороне с хладоносителем) и входную температуру жидкости (по стороне с теплоносителем) укажите равной 43 °С.
- Температура кипения в данном случае равна температуре насыщенных паров ECO, то есть 3,36 °С.
- Перегрев по умолчанию укажите равным 10K.
- Температуру на выходе по стороне с теплоносителем следует принять равной температуре жидкости на выходе из переохладителя, т.е. равной 13,36 °С.

- Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются следующие потери давления: по стороне кипящего хладагента – не более 300 кПа, по стороне охлаждающегося хладагента – не более 50 кПа.



Далее нажмите “Расчет”.

3. Программа показывает список моделей, которые будут работать при данных условиях:



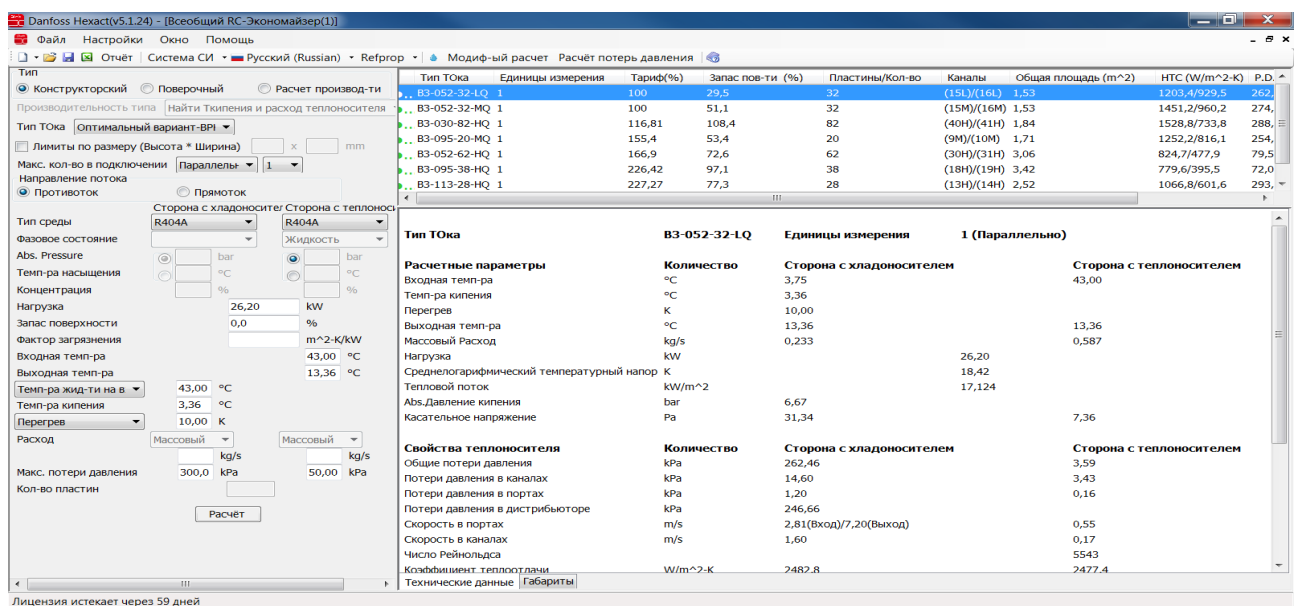
4. Важно!

Тепловой поток не должен превышать 20 кВт/м<sup>2</sup>.\*

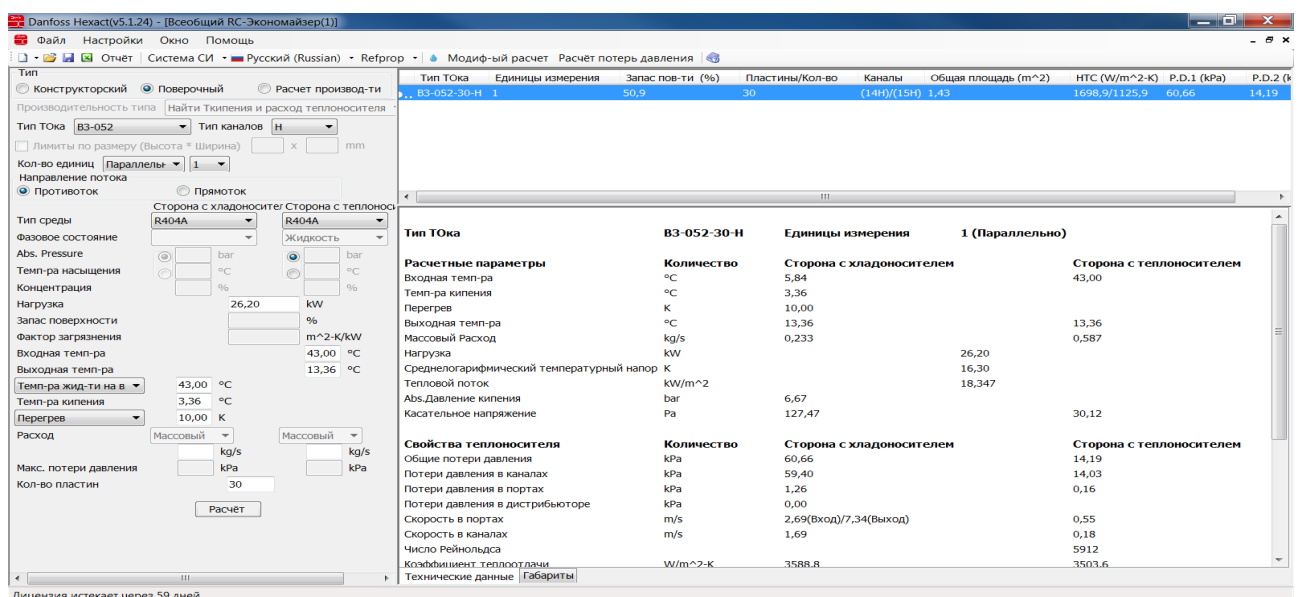
Потери давления регламентирует сам заказчик. Потери давления регламентирует сам заказчик. Обычно принимаются потери давления: по стороне кипящего хладагента – не более 300кПа, по стороне охлаждаемого хладагента – не более 50 кПа.

\*Данный параметр обеспечивает оптимальную работу теплообменника при заданных условиях.

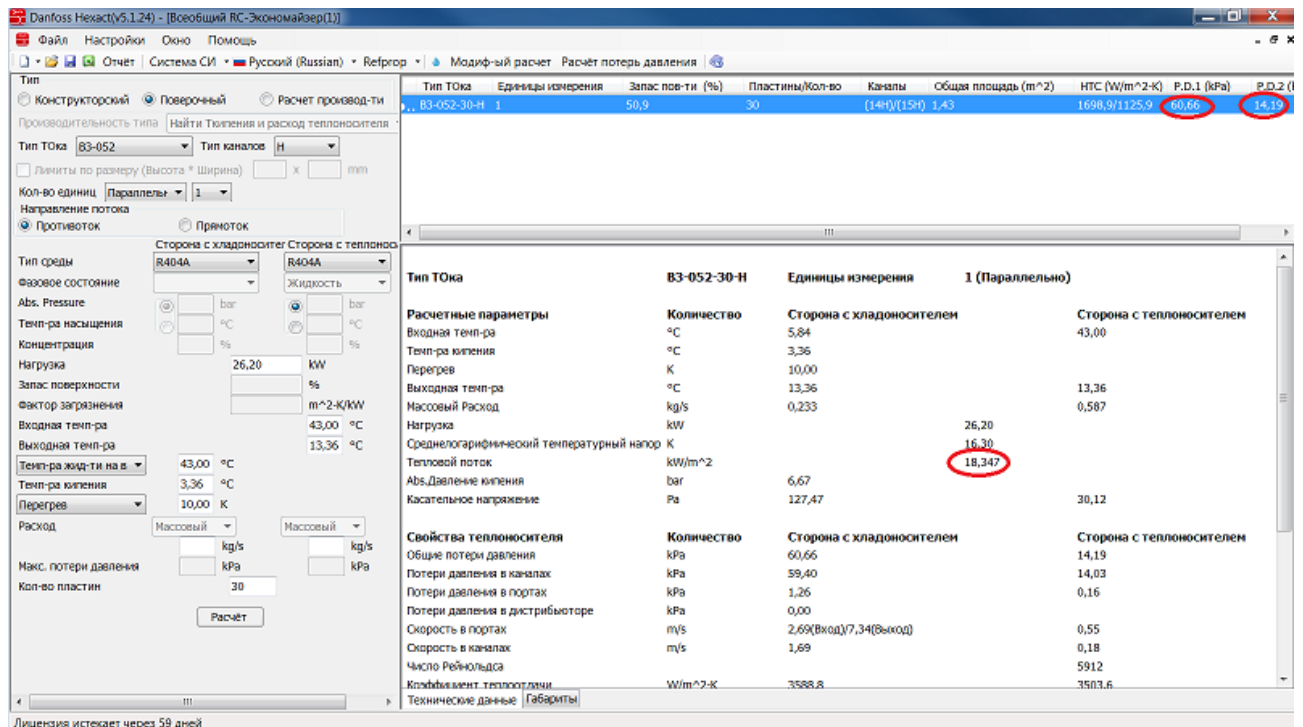
5. Можно задать выбор теплообменников типа ВРНЕ. Если для применения в качестве испарителя или экономайзера предлагается модель теплообменника из более чем 30 пластин, то необходимо использовать теплообменник с дистрибьютором жидкости для равномерного распределения хладагента по всей его поверхности:



6. Чтобы сделать расчет складской модели, зайдите в "Поверочный", выберите модель (с буквой Q, если количество пластин больше 30), снизу укажите количество пластин и нажмите "Расчет":



## 7. Проверьте тепловой поток и потери давления (см. пункт 4):

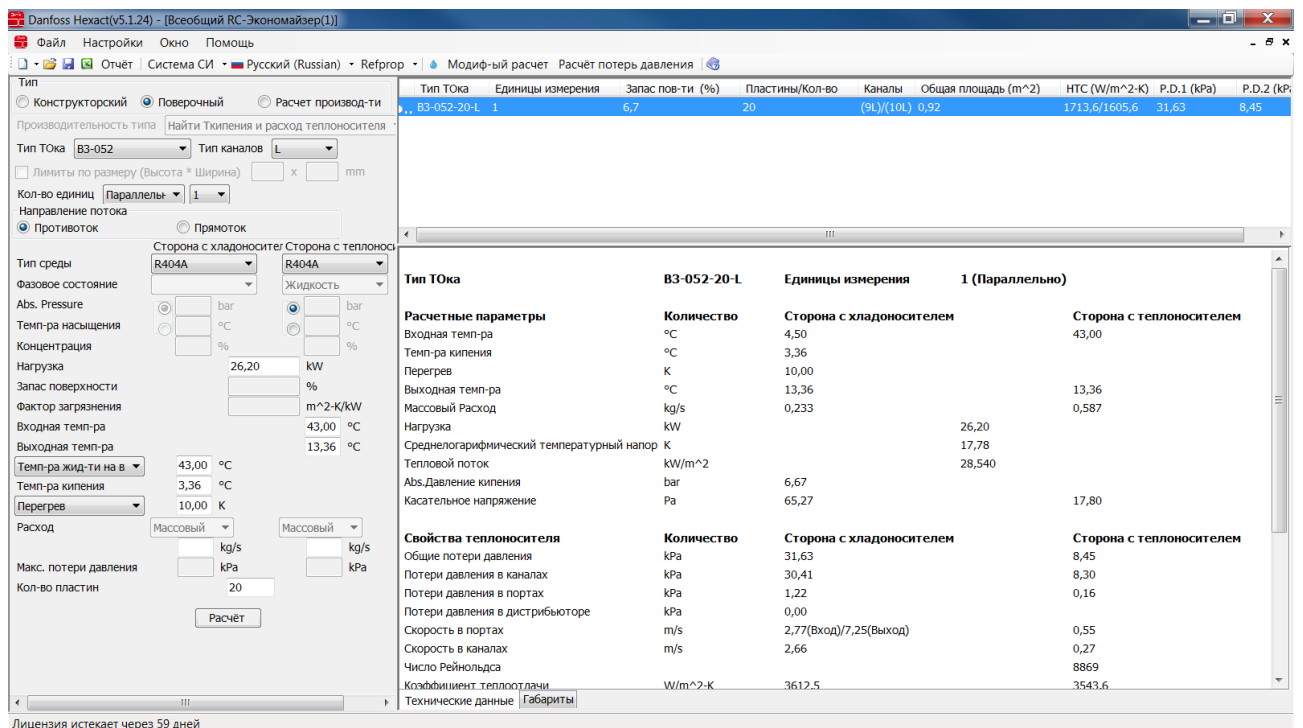


Тип Тока	Единицы измерения	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/m <sup>2</sup> ·K)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
V3-052-30-N	1	50,9	30	(14n)(15h)	1,43	1698,9/1125,9	60,66	14,19

Тип Тока	В3-052-30-N	Единицы измерения	1 (Параллельно)
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Входная тем-ра	5,84	°C	43,00
Тем-ра кипения	3,36	°C	
Перегрев	10,00	K	
Выходная тем-ра	13,36	°C	13,36
Массовый Расход	0,233	kg/s	0,587
Нагрузка	26,20	kW	26,20
Среднеарифметический температурный напор	16,30	K	16,30
Тепловой поток	18,347	kW/m <sup>2</sup>	18,347
Abs.Давление кипения	6,67	bar	
Касательное напряжение	127,47	Pa	30,12
<b>Свойства теплоносителя</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Общие потери давления	60,66	kPa	14,19
Потери давления в каналах	59,40	kPa	14,03
Потери давления в портах	1,26	kPa	0,16
Потери давления в дистрибуторе	0,00	kPa	
Скорость в портах	2,69(Вход)/7,34(Выход)	m/s	0,55
Скорость в каналах	1,69	m/s	0,18
Число Рейнольдса			5912
Коэффициент теплоотдачи	3588,8	W/m <sup>2</sup> ·K	3503,6

В данном случае подходит модель на 30 пластин (можно использовать без дистрибутора жидкости). Для того, чтобы понизить потери давления и уменьшить запас поверхности, необходимо заменить тип каналов Н на тип каналов L:



Тип Тока	Единицы измерения	Запас пов-ти (%)	Пластины/Кол-во	Каналы	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	HTC (W/m <sup>2</sup> ·K)	P.D.1 (kPa)	P.D.2 (kPa)
V3-052-20-L	1	6,7	20	(9L)(10L)	0,92	1713,6/1605,6	31,63	8,45

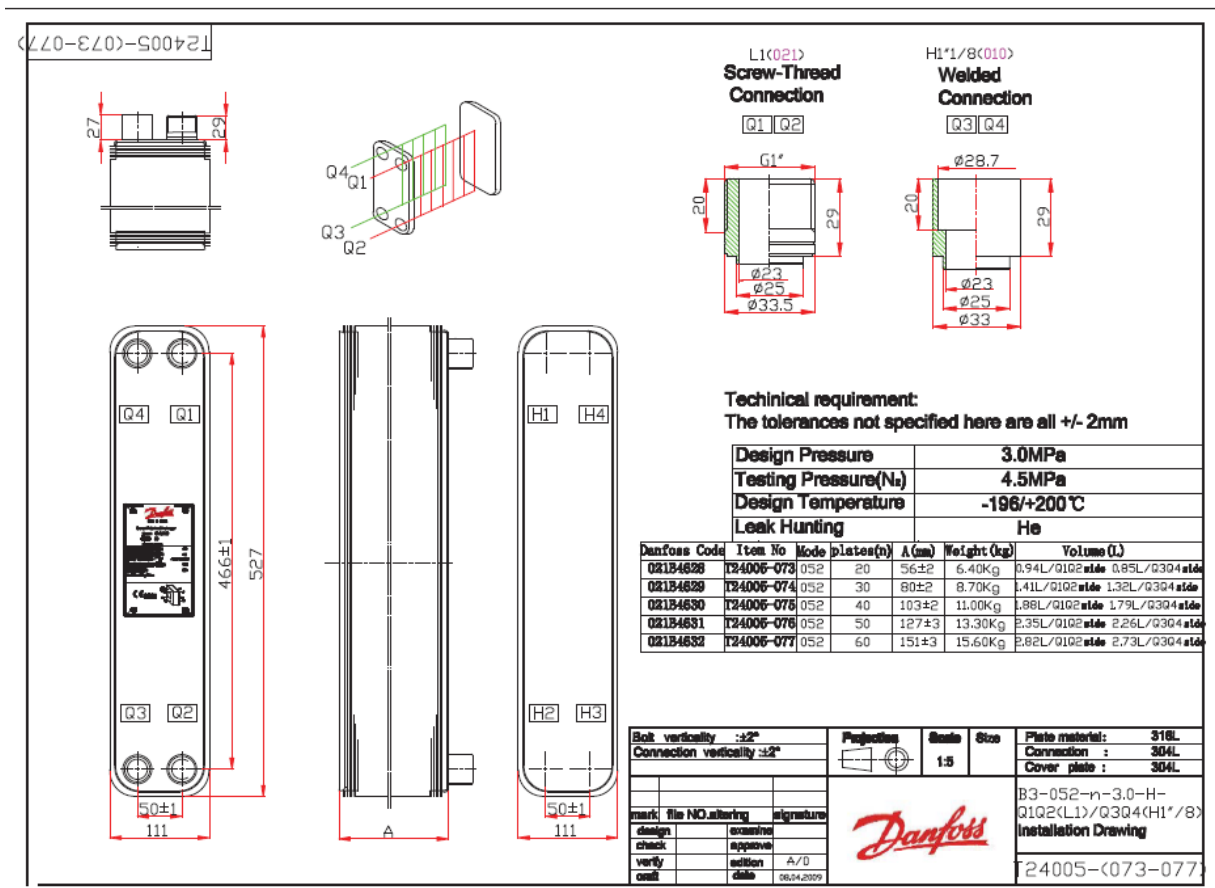
Тип Тока	В3-052-20-L	Единицы измерения	1 (Параллельно)
<b>Расчетные параметры</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Входная тем-ра	4,50	°C	43,00
Тем-ра кипения	3,36	°C	
Перегрев	10,00	K	
Выходная тем-ра	13,36	°C	13,36
Массовый Расход	0,233	kg/s	0,587
Нагрузка	26,20	kW	26,20
Среднеарифметический температурный напор	17,78	K	17,78
Тепловой поток	28,540	kW/m <sup>2</sup>	28,540
Abs.Давление кипения	6,67	bar	
Касательное напряжение	65,27	Pa	17,80
<b>Свойства теплоносителя</b>	<b>Количество</b>	<b>Сторона с хладоносителем</b>	<b>Сторона с теплоносителем</b>
Общие потери давления	31,63	kPa	8,45
Потери давления в каналах	30,41	kPa	8,30
Потери давления в портах	1,22	kPa	0,16
Потери давления в дистрибуторе	0,00	kPa	
Скорость в портах	2,77(Вход)/7,25(Выход)	m/s	0,55
Скорость в каналах	2,66	m/s	0,27
Число Рейнольдса			8869
Коэффициент теплоотдачи	3612,5	W/m <sup>2</sup> ·K	3543,6

8. Для данного примера подобрана складская модель V3-052-30-3,0-N (30 бар), далее в [прайс-листе](#) для нее находим код заказа 021B4629. Обратите внимание, что если необходимы патрубки, отличные от указанных в прайс-листе, то модель будет заказной.



Если необходимо заказать модель с каналами типа L, то теплообменник будет иметь маркировку B3-052-20-3,0-L (30 бар, второй расчет) – заказная модель, срок поставки будет составлять 5 недель + 1 неделя для составления и занесения кода в систему. Для составления кода необходимо указать требуемые размеры присоединительных патрубков.

9. Возможные размеры присоединительных патрубков можно посмотреть на стр.20 каталога ["Теплообменники пластинчатые паяные Danfoss EnFusion, тип В"](#).
10. Запрос модели с указанием размеров присоединительных патрубков необходимо отправить на почту технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru)
11. От инженера технической поддержки Вы получите файл с чертежом данной модели. Вам необходимо проверить чертеж и, если все верно, запросить код на теплообменник.



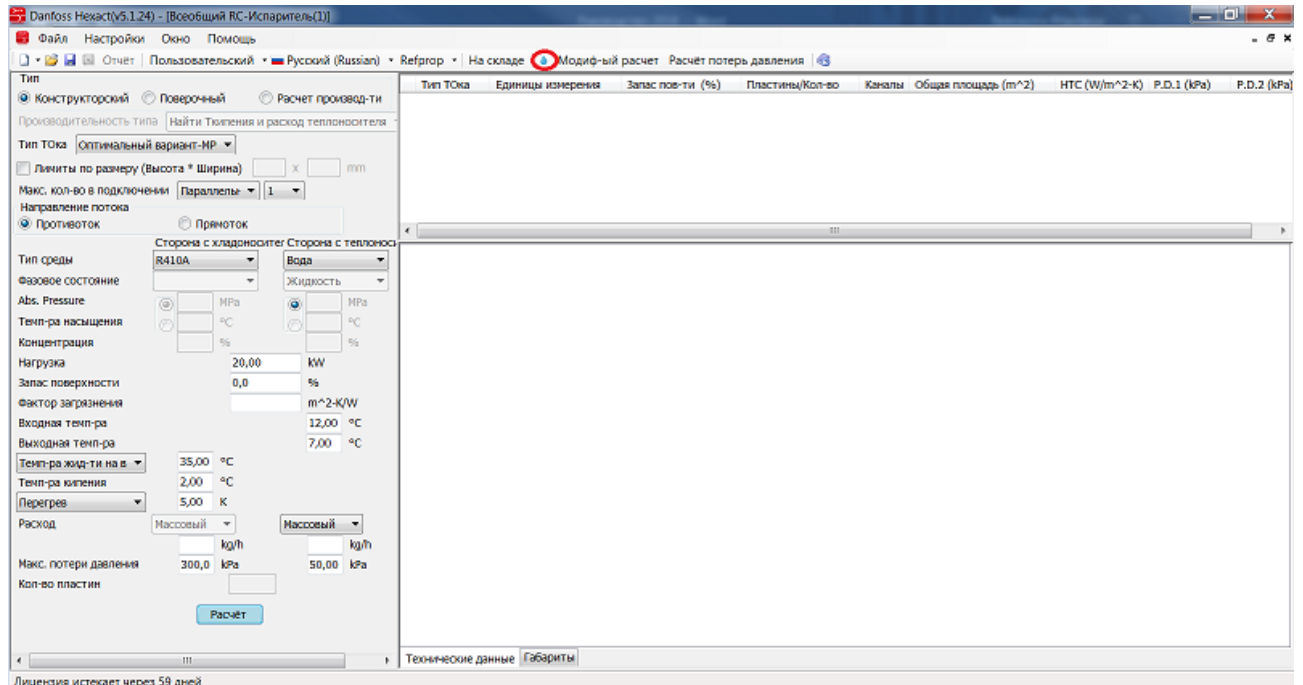
12. Через неделю код появится в системе и его можно будет заказать [у дистрибьюторов отдела холодильной техники](#)



## Занесение в программу нового вещества

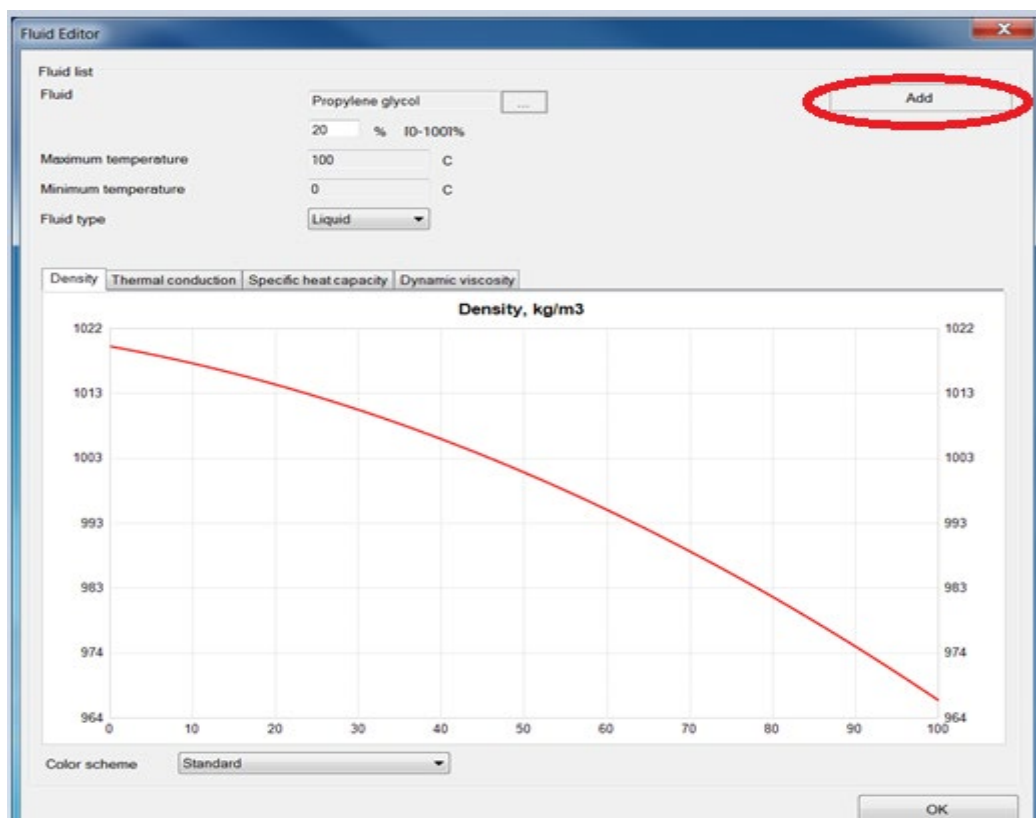
Рассмотрим внесение в программу Нехаст нового вещества на примере занесения масла BSE170.

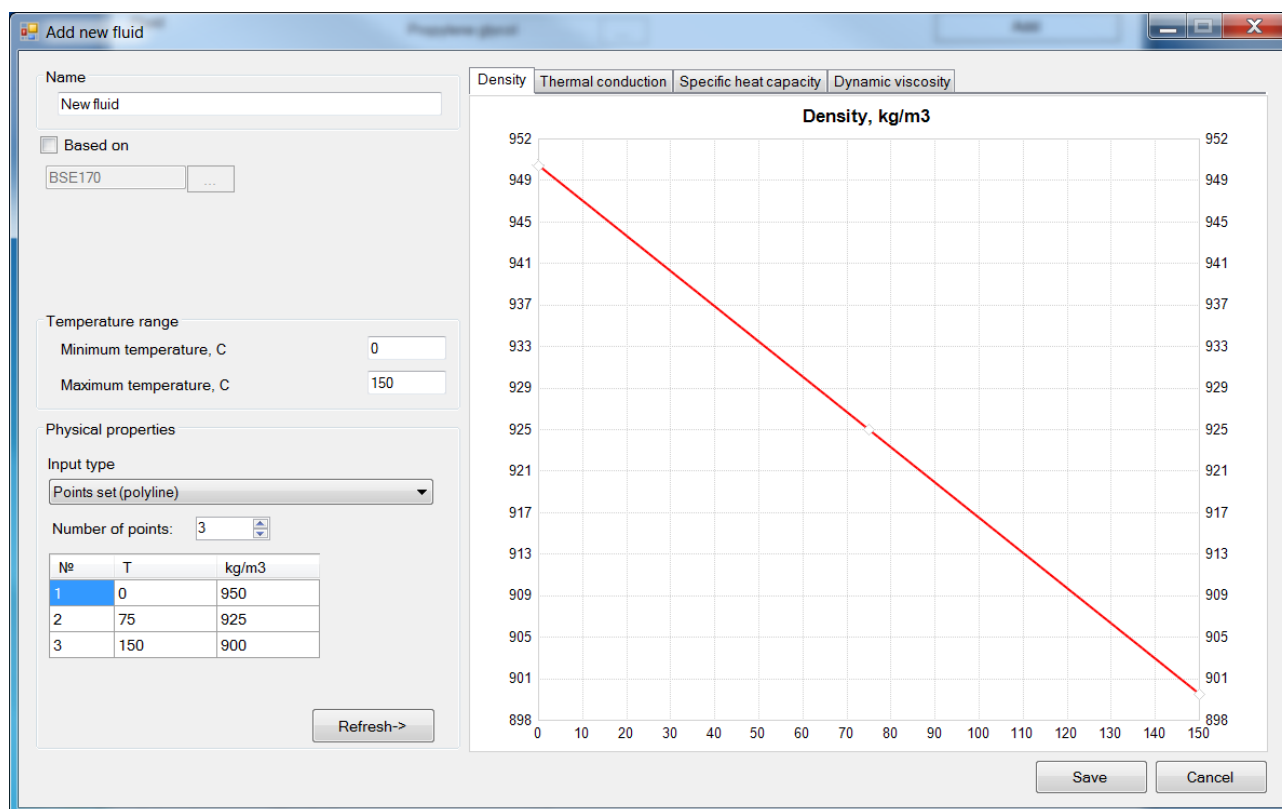
Для начала необходимо найти на верхней панели значок капельки:



Если такого значка нет в программе, то обратитесь к специалистам технической поддержки на почту [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru) с просьбой сделать расширенную лицензию на Нехаст.

Необходимо нажать на этот значок и выбрать "Add" ("добавить вещество")



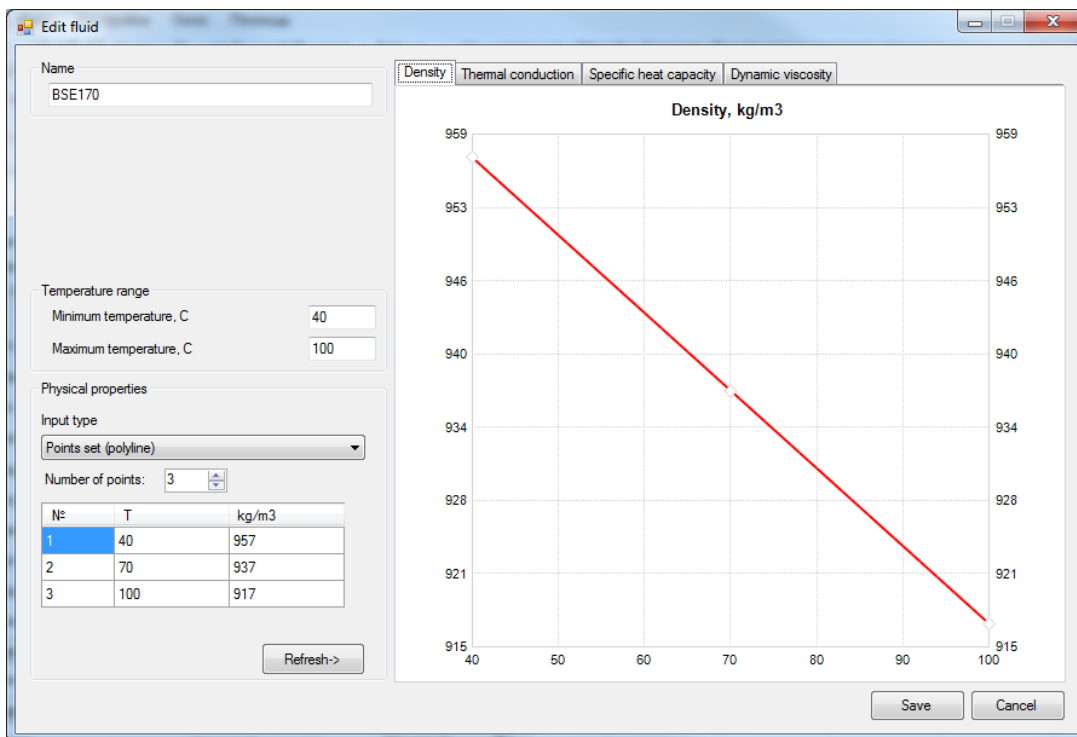


Название вещества заносится латинскими буквами без знаков препинания и пробелов.

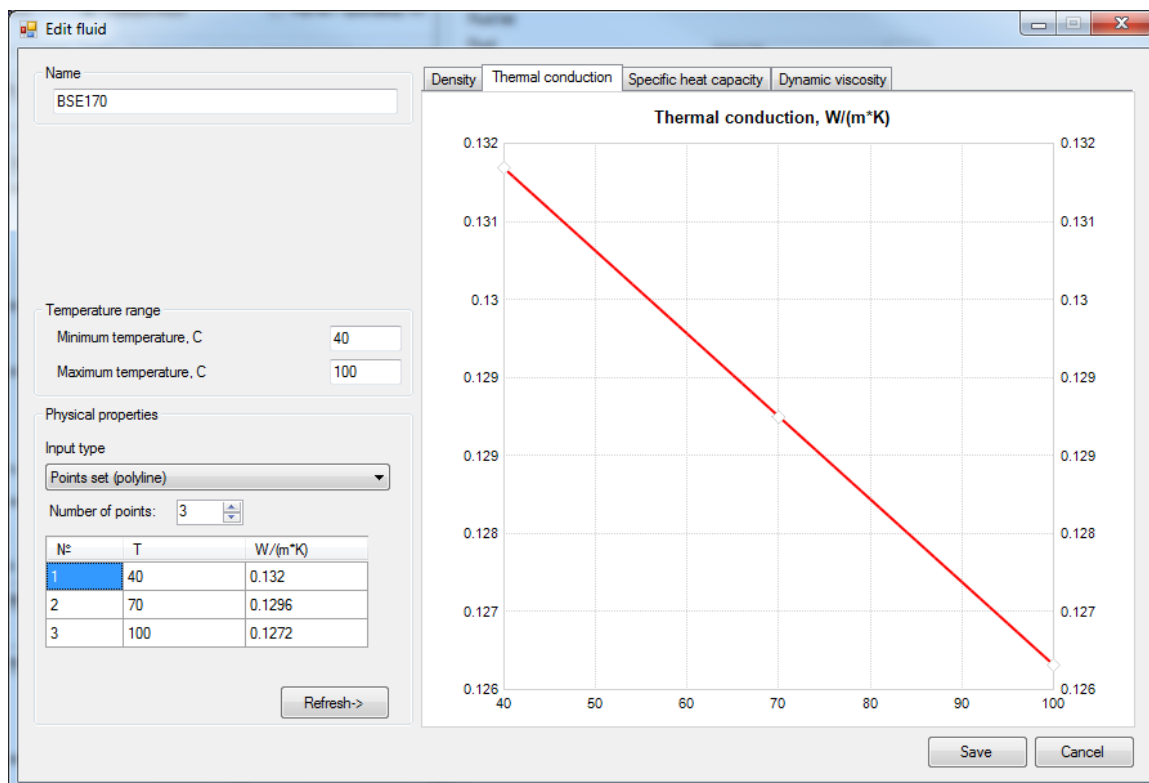
Далее необходимо выбрать три реперные точки (три температуры). Для каждой точки необходимо указать плотность, теплопроводность, теплоемкость и динамическую вязкость. Например, в случае охлаждения вещества с 80 до 64 °С, обязательными реперными точками будут температуры – 80, 70 и 60 °С (чтобы параметры были заданы именно для этого интервала охлаждения). Также важно учитывать размерности для каждой из характеристик.

Ниже приведен пример для масла BSE170:

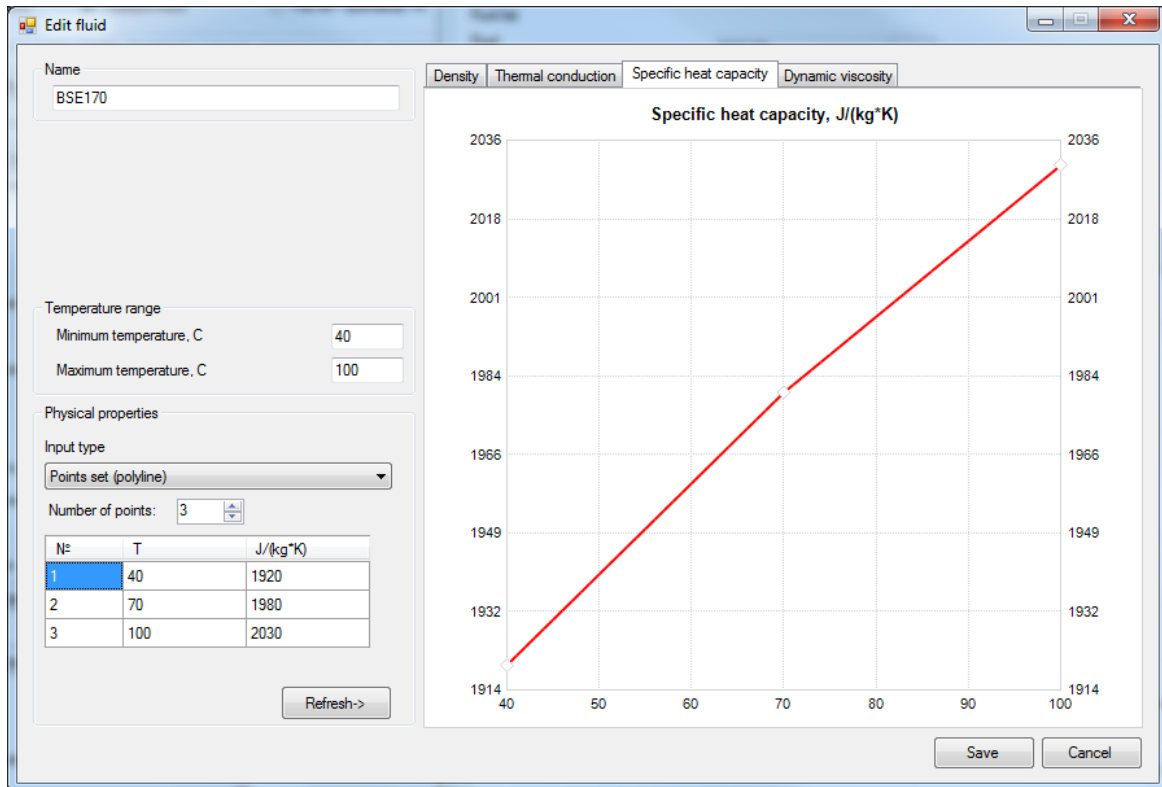
1. Плотность (кг/м<sup>3</sup>):



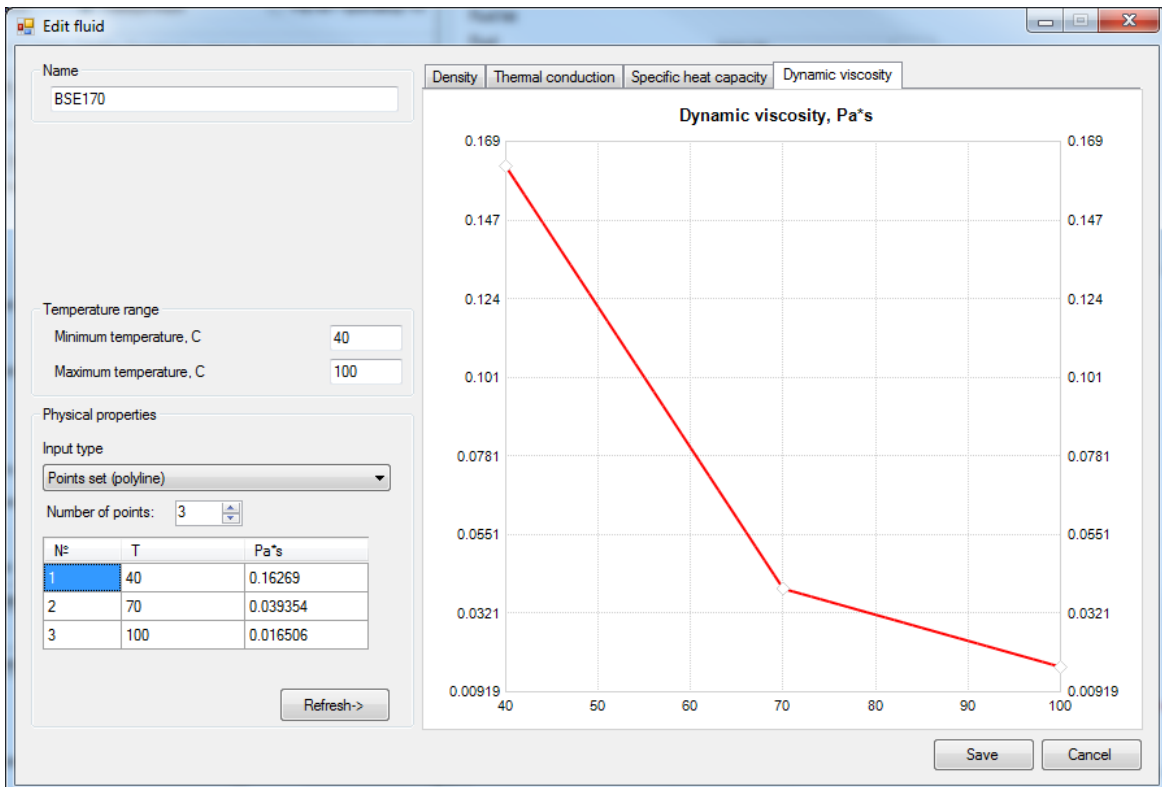
2. Теплопроводность (Вт/м\*К):



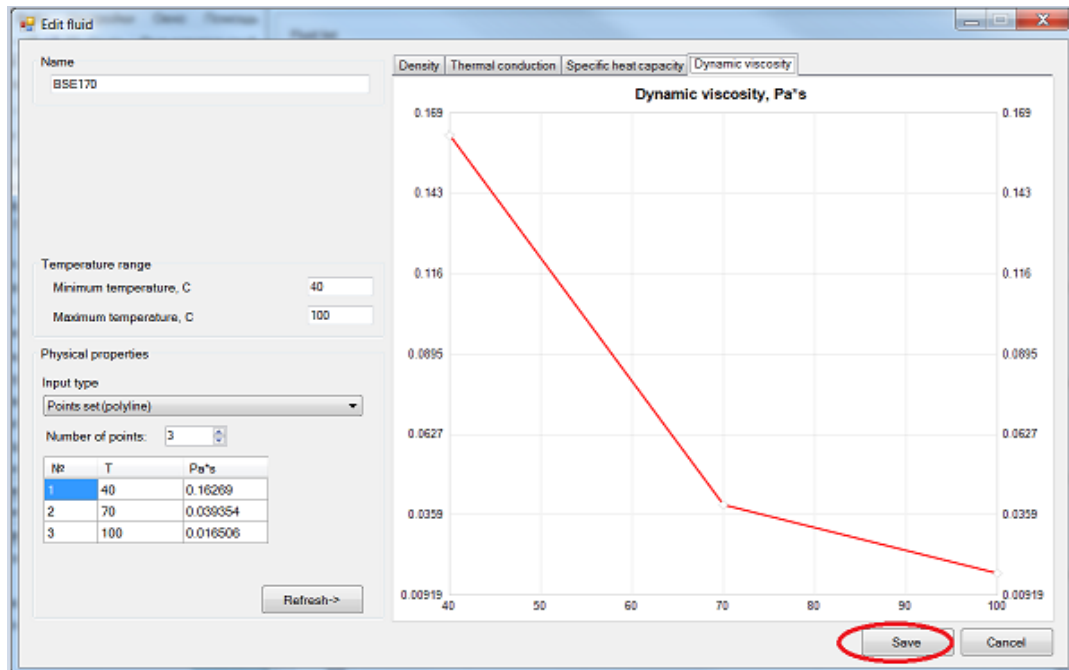
### 3. Теплоемкость (Дж/кг\*К):



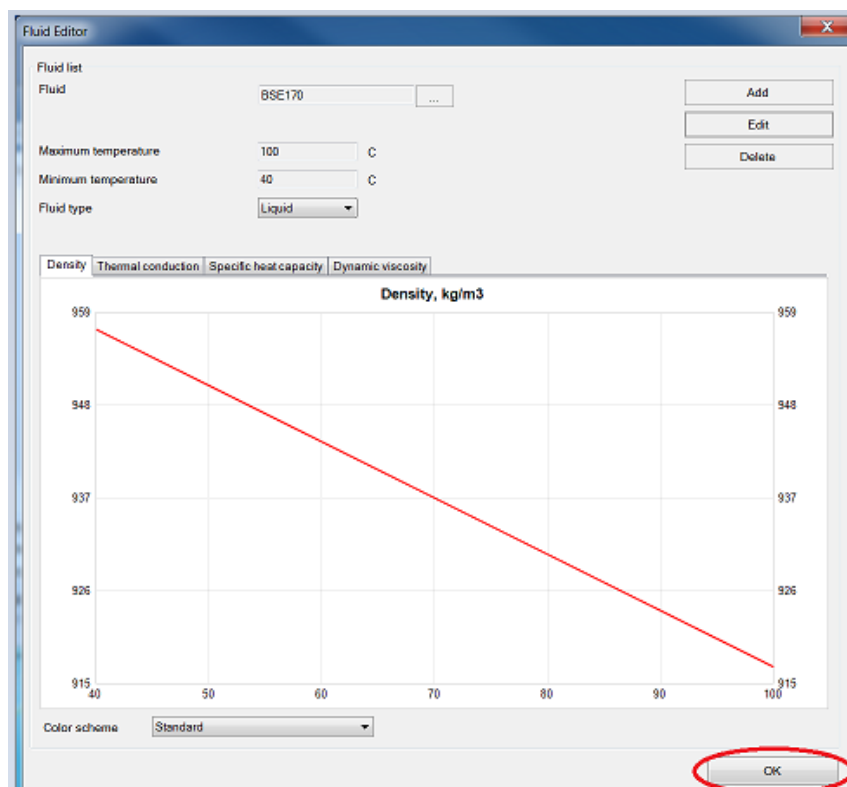
### 4. Динамическая вязкость (Па\*с):



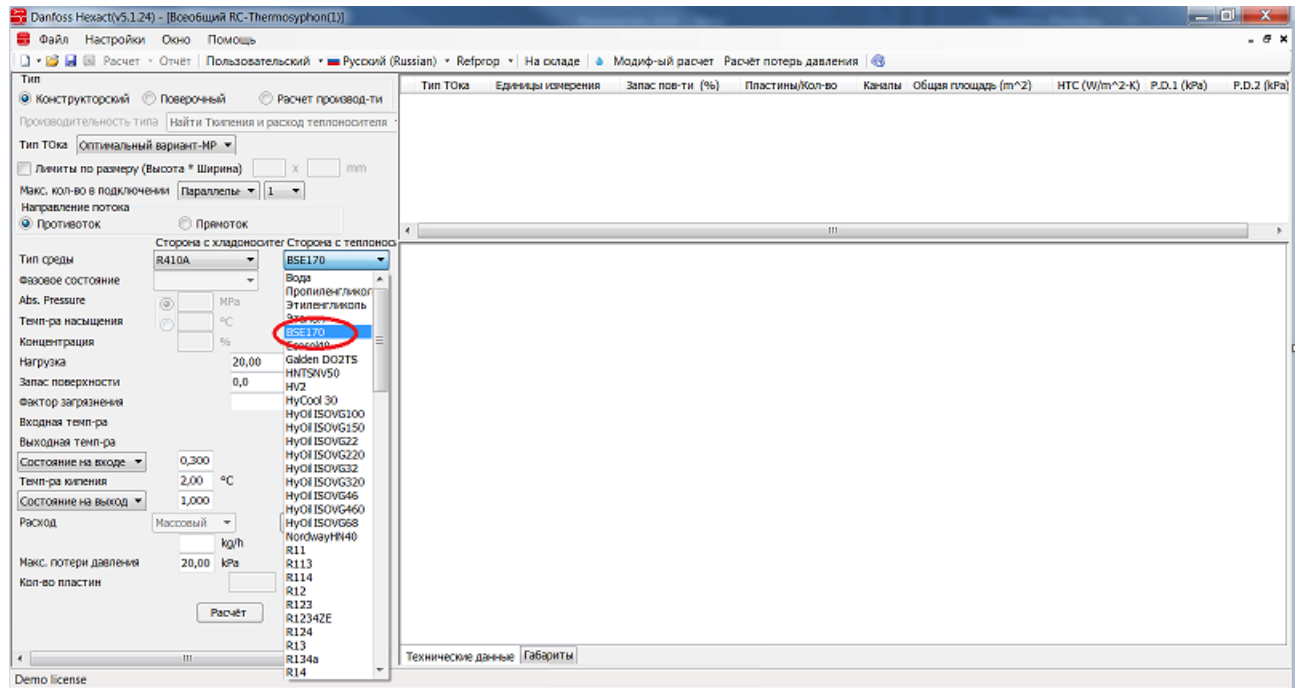
После занесения всех данных необходимо их сохранить, нажав кнопку «Save»:



Далее нажимаем кнопку “OK”:



После этого вещество можно найти в выпадающем списке и делать расчет:



По любым возникающим вопросам Вы можете обращаться к нашим специалистам группы технической поддержки [ts@danfoss.ru](mailto:ts@danfoss.ru)

## **Руководство по качеству воды для меднопаяных пластинчатых теплообменников**

### **Аннотация**

Компания Данфосс подготовила настоящее руководство по качеству водопроводной воды и воды для систем централизованного теплоснабжения, используемой в пластинчатых теплообменниках из нержавеющей стали (1.4404, X2CrNiMo17-12-2 согласно EN 10088-2: 2005 ~ AISI 316L), паяных чистой медью.

Качество воды, используемой в паяных пластинчатых теплообменниках (ППТО), сильно варьируется от случая к случаю, а коррозия в некоторых ситуациях может стать серьезной проблемой. Данное руководство основано на всестороннем анализе литературных данных и нашем многолетнем опыте применения теплообменников из нержавеющей стали, паяных медью.

Важно отметить, что представленные показатели качества воды не являются гарантией полного отсутствия коррозии, а должны рассматриваться как средство, позволяющее избежать наиболее серьезных проблем, связанных с использованием воды. Краткое описание параметров и их рекомендуемые предельные значения приведены в таблице 2 для водопроводной воды и в таблице 3 для воды из сети централизованного теплоснабжения. Эти ограничения действительны только для меднопаянных пластинчатых теплообменников.

### **Введение**

Как правило, водопроводная вода поступает во вторичный контур, а по первичному контуру теплообменника протекает фреон.

Поверхности, контактирующие с водой, могут быть подвержены двум негативным процессам: образованию накипи и коррозии. Газы и соли, растворяющиеся в воде, а также условия работы (например, температура, характеристики потока, периоды простоя) и конструктивные особенности теплообменных аппаратов играют в этих процессах главную роль. Кроме того, следует иметь в виду, что скорость химических реакций, например, скорость коррозии, увеличивается с увеличением температуры. Согласно правилу Вант-Гоффа, скорость реакции увеличивается в 2-3 раза при каждом повышении температуры на 10°C.

Зная химический состав воды и условия работы системы, можно оценить риск образования накипи и коррозии. Исходя из этого, можно дать рекомендации по предупреждению проблем с образованием накипи и/или коррозией компонентов. С этой целью разработаны показатели качества воды.



## **Образование накипи**

Водопроводная (сырая) вода содержит более или менее высокое количество растворенных газов и солей в зависимости от геологических условий участка добычи воды. Эти различия обуславливают состав получаемой воды. Для образования накипи определяющими различиями являются, в частности, карбонатная жесткость воды (= содержание гидрокарбоната) и общая жесткость, т. е. суммарное содержание ионов кальция и магния; кроме того, на жесткость воды могут влиять другие ионы, такие как, например, сульфат -ионы.

Из упомянутых выше соединений известковая накипь (накипь в котлах, состоящая из карбоната кальция,  $\text{CaCO}_3$ ) может образовываться при повышении температуры и/или удалении углекислого газа, например, путем дегазации. Дальнейшее повышение температуры может привести к осаждению различных солей, например, гипса ( $\text{CaSO}_4$ ).

Другие соединения, способные вызывать загрязнение поверхности, представляют собой железосодержащие отложения, такие как «ржавчина», то есть оксиды и гидроксиды железа, или магнетит. Они могут выделяться непосредственно внутри ППТО, но также могут быть вымыты из других частей системы, где образуются вследствие коррозионных процессов.

## **Коррозия**

Коррозия может иметь различную природу происхождения. Некоторые виды коррозионных процессов протекают внутри ППТО во время эксплуатации. Большинство видов коррозии вызывается химическими реакциями: химический состав воды по-разному влияет на конструкционные материалы.

Важную роль в коррозии металлов играет содержание кислорода. Кроме того, важными параметрами, способствующими возникновению коррозии, являются значение водородного показателя pH (кислотность среды), буферная емкость (способность буферного раствора сохранять свой pH) и содержание солей. Знание этих факторов имеет решающее значение для оценки возможных рисков коррозии.

Подробное объяснение различных типов коррозии выходит за рамки настоящего руководства, краткий обзор наиболее типичных видов коррозии приведен в таблице 1.

Таблица 1. Типичные виды коррозии ППТО

Вид коррозии	Описание
Сплошная (общая) коррозия	Коррозия медного припоя. Приводит к потере механической прочности и, возможно, утечкам в теплообменнике.
Щелевая коррозия	Новый теплообменник не имеет щелей, но щели могут образовываться под отложениями накипи и другими видами отложений, а также ввиду дефектов паяных соединений.
Гальваническая коррозия	Металлический контакт между медью и нержавеющей сталью в воде с высокой электропроводностью может инициировать коррозионное разрушение металла с большей электроотрицательностью, в данном случае меди.
Коррозионное растрескивание под напряжением	Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) может происходить в нержавеющей стали при наличии высоких растягивающих нагрузок и высокого содержания хлоридов в воде. Повышение температуры также приведет к увеличению риска КРН, которое зачастую будет иметь место при температуре выше 60 °С. <sup>[14]</sup>
Межкристаллитная коррозия	Нержавеющая сталь может испытывать межкристаллитную коррозию из-за образования карбида хрома по границам зерен при неправильной термообработке. Области с пониженным содержанием хрома станут неустойчивыми к коррозии.
Жидко-металлическое охрупчивание	Если процесс пайки происходит при слишком высоких температурах, медь может диффундировать в нержавеющую сталь и уменьшить прочность пластин из нержавеющей стали.

## Характеристики воды

### Водопроводная вода

Параметрами обычной водопроводной воды, определяющими общую коррозионную стойкость ППТО, являются: температура, pH, карбонатная жесткость (щелочность), общая жесткость, а также концентрация хлоридов, сульфатов и нитратов; электропроводность часто используется как суммарный параметр для определения общего содержания ионов (солей).

Поскольку медь обладает более низкой коррозионной стойкостью, чем нержавеющая сталь марки AISI 316L в водопроводной воде, данные характеристики воды в основном определяют коррозию меди. В общем случае, коррозия нержавеющей стали происходит только в водопроводной воде, содержащей высокие концентрации хлоридов при высокой температуре.

Описание наиболее важных параметров воды приведено ниже.

- **Температура:** В общем случае, повышение температуры приведет к увеличению скорости коррозии большинства металлов. При использовании меди в нагретой воде вероятность питтинговой коррозии повышается при температурах выше

60°C. Также риск коррозионного растрескивания под напряжением у нержавеющей стали будет увеличиваться при температурах выше 60 °C, а скорость питтинговой и щелевой коррозии нержавеющей стали зависит от температуры (см. раздел о влиянии хлоридов).<sup>[1, 2 14]</sup>

- **рН:** Сплошная коррозия меди в основном зависит от показателя рН. Риск коррозии является минимальным, если рН поддерживается в диапазоне от 7,5 до 9,0.<sup>[1, 10, 12]</sup> При этом в обычной водопроводной воде значение рН колеблется около 7, но рекомендуется избегать воды с рН ниже 7. Вода систем централизованного теплоснабжения зачастую будет щелочной со значениями рН до 10.<sup>[4, 5 6 8]</sup>
- **Щелочность:** Если содержание гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3^-$ ) в воде очень низкое (ниже 60 мг/л), то продукты коррозии меди могут попасть в систему. Также рекомендуется не допускать превышение концентрации  $\text{HCO}_3^-$  более 300 мг/л.<sup>[1, 10, 12]</sup>
- **Электропроводность:** Высокая электропроводность водопроводной воды означает, что вода имеет высокую концентрацию ионов различных веществ. В общем случае, увеличение электропроводности водопроводной воды приводит к увеличению скорости коррозии большинства металлов. Рекомендуемое максимальное значение электропроводности воды составляет 500 мкСм/см.<sup>[13]</sup>
- **Жесткость:** Медь подвержена коррозии в мягкой воде; соотношение  $[\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}] / [\text{HCO}_3^-]$  (рассчитанное в молях) должно быть больше 0,5.<sup>[9, 12]</sup>
- **Хлориды:** Наличие хлоридов в питьевой воде повысит риск локальной коррозии нержавеющей стали. Предельное значение будет зависеть от температуры согласно таблицам 2 и 3.<sup>[14, 15]</sup>
- **Сульфаты:** Высокая концентрация сульфатов повышает риск питтинговой коррозии меди. Рекомендуемая максимальная концентрация сульфатов 100 мг/л, но коррозия может возникать при более низких концентрациях, если отношение  $[\text{HCO}_3^-] / [\text{SO}_4^{2-}]$  (рассчитанное в молях) меньше 1.<sup>[1, 10]</sup>
- **Нитраты:** Нитрат-ионы оказывают такое же влияние, что и сульфат-ионы. Максимальная концентрация нитратов рекомендуется не более 100 мг/л.<sup>[10, 13]</sup>
- **Хлор:** Во многих установках, имеющих контур водопроводной воды, добавление хлора выполняется в целях обеззараживания. Хлор является сильным окислителем и снижает коррозионную стойкость нержавеющей стали. Исследования показали, что концентрация свободного активного хлора должна поддерживаться ниже 0,5 мг/л во избежание коррозии нержавеющей стали марки AISI 316L.<sup>[15]</sup>

В следующей таблице приведены технические условия, рекомендуемые для медно-паянных пластинчатых теплообменников из нержавеющей стали со стороны водопроводной воды.

Таблица 2. Рекомендуемые предельные значения показателей качества водопроводной воды в меднопаянных пластинчатых теплообменниках

Параметр	Примечания	Значение
Внешний вид		Прозрачный
Запах		без запаха
Содержание примесей		без осадков / частиц
Смазочные материалы		< 1 мг/л
pH		от 7 до 10
Электропроводность		2500 мкСм/см
Карбонатная жесткость *)		1 ммоль/л < K <sub>s4,3</sub> < 5 ммоль/л **)
Общая жесткость ***)		[Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> ] / [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] > 0,5
Хлориды		
	при T < 20 °C	1000 мг/л
	при T < 50 °C	400 мг/л
	при T < 80 °C	200 мг/л
	при T > 100 °C	100 мг/л
Сульфаты		[SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ] < 100 мг/л и [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] / [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ] > 1,5
Нитраты		< 100 мг/л
Нитриты		не допускаются
Аммоний		< 2,0 мг/л
Свободный хлор		< 0,5 мг/л
Общее содержание железа		< 0,2 мг/л
Марганца		< 0,05 мг/л

\*) = содержание гидрокарбонатов, временная жесткость, (карбонатная) щелочность

\*\*) K<sub>s4,3</sub> = кислотность (буферность)

\*\*\*) = суммарное количество ионов кальция и магния.

## Вода из сети централизованного теплоснабжения

Рекомендации касаются предотвращения коррозии и образования накипи в системах централизованного теплоснабжения.

Пределные значения, указанные в таблице 3, являются разумным компромиссом, позволяющим избежать коррозии и образования накипи на стороне воды в пластинчатом паяном теплообменнике; они полностью идентичны рекомендациям по качеству водопроводной воды.

Наиболее важными параметрами, влияющими на коррозионную стойкость нержавеющей стали в воде из сети централизованного теплоснабжения, являются содержание хлоридов, температура и содержание кислорода. Допустимое содержание хлоридов будет зависеть от максимальной температуры, воздействию которой подвергается пластинчатый паяный теплообменник (ППТО).

Наиболее важными параметрами, ограничивающими риск коррозионного разрушения меди, являются практически полное отсутствие кислорода (содержание ниже 0,1 мг/л) и щелочной среды (рН ниже 10), а также содержание аммиака и сульфидов ниже минимальных предельных значений (см. Таблицу 3).

В воде центрального отопления используется умягченная или опресненная вода с рН около 9–9,5, а содержащийся в ней кислород либо удаляется, либо химически связывается. Особые опасения должны быть вызваны содержанием некоторых химических веществ, которые используются для водоподготовки и/или веществ, связывающих кислород.

Следует избегать использования аммиака для изменения рН воды из-за опасности коррозии меди (и латуни). Вместо этого используйте гидроксид натрия (NaOH) или тринатрийфосфат (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) для повышения рН воды.

Сульфит натрия (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) широко используется в качестве связывающего кислород вещества, но его следует избегать в системах, содержащих медь и нержавеющую сталь. В процессе связывания кислорода, сульфит превращается в сульфат. Сульфат может использоваться некоторыми бактериями, которые расщепляют сульфат до сульфида, создавая, таким образом, коррозионную среду для меди и нержавеющей стали. Вместо этого следует использовать органические вещества, связывающие кислород, например, дубильные вещества.

Как правило, повышенные концентрации сульфида в воде могут указывать на бактериальное обсеменение системы централизованного теплоснабжения. Поэтому рекомендуется поддерживать минимальные концентрации сульфида в воде.

Иногда в воду добавляют другие связывающие кислород вещества. Некоторые примеры – витамин С и метилэтилкетоксим (МЕКО). Бициды также могут быть добавлены в воду, чтобы подавить рост бактерий в системе. Иногда в воду добавляются присадки с целью уменьшения трения в системе.

Таблица 3. Рекомендуемые предельные значения показателей качества воды из сети централизованного теплоснабжения в ППТО

Параметр	Примечания	Значение
Внешний вид		Прозрачный
Запах		без запаха
Содержание примесей		без осадков / частиц
Смазочные материалы		< 1 мг/л
рН при 25 °С		7–10
Остаточная жёсткость воды		$[Ca^{2+}, Mg^{2+}] / [HCO_3^-] > 0,5,$ < 0,5 ммоль/л (2,8 °dH)
Электропроводность при 20 °С		2500 мкСм/см
Кислород		< 0,1 мг/л (как можно ниже)
Хлориды		
	при T < 20 °С	1000 мг/л
	при T < 50 °С	400 мг/л
	при T < 80 °С	200 мг/л
	при T > 100 °С	100 мг/л
Сульфаты		$[SO_4^{2-}] < 100$ мг/л и $[HCO_3^-] / [SO_4^{2-}] > 1,5$
Сульфиты	например, использование в качестве веществ, связывающих кислород	< 10 мг/л
Сульфиды		< 0,02 мг/л
Нитраты		< 100 мг/л
Аммоний		< 2,0 мг/л
Общее содержание органических углеводов		< 30 мг/л

### Образование накипи и гарантийные обязательства

Интенсивность теплопереноса в пластинчатых теплообменниках будет уменьшаться за счет осаждения солей, содержащихся в воде (образования накипи) и осаждения примесей. Образование накипи обычно вызвано присутствием солей кальция и магния.

Общая жесткость – это суммарное содержание ионов кальция ( $Ca^{++}$ ) и магния ( $Mg^{++}$ ) в воде.

Обычно выражается в миллиграммах на литр (мг/л) или частях на миллион (ppm) карбоната кальция ( $CaCO_3$ ) или градусах жесткости (°dH). Немецкий градус жесткости °dH эквивалентен 17,8 ppm  $CaCO_3$ .

С 2004 года жесткость воды классифицируется в Европейском сообществе в соответствии с Регламентом ЕС № 648/2004 о моющих средствах <sup>[16]</sup>, как показано в следующей таблице.

Таблица 4. Классификация жесткости воды в соответствии с Регламентом ЕС № 648/2004 о моющих средствах

Диапазон жесткости	Карбонат кальция [ммоль/л] <sup>1)</sup>	Карбонат кальция [мг/л] <sup>2)</sup>	°dH <sup>2)</sup>
Мягкая	Менее 1,5	Менее 150	Менее 8,4 °dH
Средняя	1,5–2,5	150–250	8,4–14 °dH
Жесткая	Более 2,5	Более 250	Более 14 °dH

<sup>1)</sup> Согласно *Международной системе единиц* от 1971 года, общее содержание гидроксидов щелочно-земельных металлов приводится в ммоль/л. <sup>2)</sup> Величина значений в мг/л и «немецкие градусы жесткости °dH» приводятся только для справок.

Нагревание жесткой воды вызывает осаждение известковой накипи (CaCO<sub>3</sub>). Она будет выглядеть как слой на поверхности пластины. Нагревание до температур выше 55 °C может вызвать обильное осаждение известковой накипи. Это снизит интенсивность теплопередачи в пластинчатых теплообменниках.

Поэтому важно выбирать теплообменники «Данфосс» таких размеров, которые обеспечивают максимально возможную скорость потока. Это поможет уменьшить осаждение накипи.

Содержащиеся примеси также могут осаждаться в виде слоя на поверхности пластины.

Примеси и известь могут быть удалены путем промывки теплообменника различными химическими веществами в зависимости от состава осадка. Компания «Данфосс» рекомендует использовать поставщиков услуг с проверенной технологией и опытом очистки теплообменников.

Промывка поможет удалить слой накипи и увеличить интенсивность теплопередачи, но может привести к сокращению срока службы теплообменника.

Компания «Данфосс» не несет ответственности по гарантийным обязательствам в отношении теплообменников, имеющих следующие недостатки:

- Пониженная мощность, вызванная осаждением известкового налета и накипи.
- Течи извне или внутри после промывки с целью удаления осадков и накипи.
- Течи извне или внутри, вызванные коррозией в воде, если рекомендации по качеству воды, приведенные в данном руководстве, не выполняются.



## Совместимость материалов ТО с соледержащими растворами

Указано для воды при 20°C

Состав		Концентрация мг/л или ppm	Материал	
			AISI 316L	Медь
pH		<6		
		6-7,5		
		7,5-9		
		>9		
Щелочность	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<70		
		70-300		
		>300		
Сульфаты	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<70		
		70-300		
		>300		
Щелочность / Сульфаты	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	>1		
		<1		
Электропроводимость	µS/cm	<10		
		10-500		
		>500		
Аммоний	NH <sub>4</sub>	<2		
		2-20		
		>20		
Свободный хлор	Cl <sub>2</sub>	<1		
		1-5		
		>5		
Сульфид водорода	H <sub>2</sub> S	<0,05		
		>0,05		
Свободная углекислота (агрессивная)	CO <sub>2</sub>	<5		
		5-20		
		>20		
Нитраты	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<100		
		>100		
Железо	Fe	<0,2		
		>0,2		
Алюминий	Al	<0,2		
		>0,2		
Марганец	Mn	<0,1		
		>0,1		

Содержание хлоридов (Cl <sup>-</sup> )	Максимальная температура			
	60°C	80°C	120°C	130°C
≤ 10 ppm	AISI 304L	AISI 304L	AISI 304L	AISI 316L
≤ 25 ppm	AISI 304L	AISI 304L	AISI 316L	AISI 316L
≤ 50 ppm	AISI 304L	AISI 316L	AISI 316L	Ti/SMO 254
≤ 80 ppm	AISI 316L	AISI 316L	AISI 316L	Ti/SMO 254
≤ 150 ppm	AISI 316L	AISI 316L	Ti/SMO 254	Ti/SMO 254
≤ 300 ppm	AISI 316L	Ti/SMO 254	Ti/SMO 254	Ti/SMO 254
> 300 ppm	Ti/SMO 254	Ti/SMO 254	Ti/SMO 254	Ti/SMO 254

	Хорошая устойчивость к коррозии
	Чем больше факторов в желтой зоне – тем возможно образование коррозии
	Применение с ВРНЕ/МРНЕ не рекомендуется

## Перечень ссылок

1. EN 12502-2:2004. Protection of metallic materials against corrosion - Guidance on the assessment of corrosion likelihood in water distribution and storage systems - Part 2: Influencing factors for copper and copper alloys [Защита металлических материалов от коррозии. Методические указания по оценке вероятности коррозии в системах распределения и хранения воды. Часть 2: Факторы, влияющие на медь и медные сплавы].
2. EN 12502-4:2004. Protection of metallic materials against corrosion - Guidance on the assessment of corrosion likelihood in water distribution and storage systems - Part 4: Influencing factors for stainless steels [Защита металлических материалов от коррозии. Методические указания по оценке вероятности коррозии в системах распределения и хранения воды. Часть 4: Факторы, влияющие на нержавеющие стали].
3. EN 14868: 08-2005 Protection of metallic materials against corrosion - Guidance on the assessment of corrosion likelihood in closed water circulation systems [Защита металлических материалов от коррозии. Методические указания по оценке вероятности коррозии в замкнутых системах циркуляции воды].
4. VDI 2035-2:08-2009 Предотвращение повреждений водонагревательных установок. Часть 2: Коррозия в водной среде [Prevention of damage in water heating installations, Part 2: Waterside corrosion].
5. AGFW-Arbeitsblatt FW 510: 06-2011 Требования к циркуляционной воде в системах промышленного и централизованного теплоснабжения и рекомендации по их эксплуатации [Requirements for circulation water in industrial and district heating systems and recommendations for their operation].
6. ONORM H 5195-1: 12-2010 Теплоноситель для технического оборудования зданий. Часть 1: Предотвращение коррозии и образования накипи в закрытых системах теплоснабжения [Heat medium for technical building equipment, Part 1: Prevention of damage by corrosion and scale formation in closed warm-water-heating systems].
7. SWKI BT 102-01:04-2012, Richtlinie "Wasserbeschaffenheit für Gebäudetechnik-Anlagen" Ed.: Schweizerischer Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren, [www.swki.ch](http://www.swki.ch)
8. DFF-guideline "Vandbehandling og korrosionsforebyggelse i fjernvarmesystemer". DFF Danske Fjernvarmeværkers Forening, 1999.
9. Mattsson, E., 1988. Counteraction of pitting in copper water pipes by bicarbonate dosing [Противодействие питтинговой коррозии в медных водопроводах путем дозированного введения бикарбоната]. *Werkstoffe und Korrosion* **39**, 499–503.
10. Mattsson, E., 1990. Tappvattensystem av kopparmaterial. Korrosionsinstitutet, ISBN 917332-558-9.
11. Anonymus, 2004. Fachthema Gelötete Plattenwärmeüberträger. *Euroheat & Power* **33**, 3, 96-104
12. Nilsson, K., Klint, D., Johansson, M., 2007. Corrosion aspects of compact heat exchangers consisting of stainless steel plates brazed with copper filler metal in water applications [Вопросы коррозионного разрушения компактных теплообменников, состоящих из пластин нержавеющей стали, паяных медным припоем, в водных растворах], 14th Nordic Corrosion Congress, Copenhagen, Denmark.
13. Pajonk, G., undated. "Korrosionsschäden an gelöteten Plattenwärmetauschern", Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund. [http://www.vau-thermotech.de/mediapool/40/409506/data/Korrosionsschaeden an geloeteten Plattenwaermetauschern.pdf](http://www.vau-thermotech.de/mediapool/40/409506/data/Korrosionsschaeden%20an%20geloeteten%20Plattenwaermetauschern.pdf)
14. Outukumpu Corrosion Handbook for Stainless Steels [Справочное руководство Outukumpu по коррозии нержавеющих сталей], Tenth edition, 2009.
15. Mameng, S., Pettersson, R., 2011. Localised corrosion of stainless steels depending on chlorine dosage in chlorinated water [Зависимость локальной коррозии нержавеющих сталей от дозировки хлора в хлорированной воде]. Outukumpu acom 03-2011.
16. Regulation (EC) No 648/2004 of the European parliament and of the council of 31 March 2004 on detergents.