

Навстречу прогрессу

Увеличивающийся спрос на углеводородное топливо является характерной чертой нашего времени. Количество автозаправочных станций постоянно растет как в городах, так и на трассах, удовлетворяя растущую «бензиновую жажду». В то же время все, что касается оптовых продаж и бесперебойного снабжения топливом этих самых автозаправок, для большинства людей остается за кадром. А ведь снабжение должно происходить в любую погоду, осенью и весной, в зной и мороз. Значение таких перевалочных баз трудно переоценить.

История возникновения нефтебаз относится к XVII веку, когда добыча нефти достигла 3 500 т/год. В этот период, собственно, и начинают возникать первобытные нефтесклады, представляющие собой земляные ямы — хранилища, устраиваемые в глинистых грунтах. Такой способ хранения нефти применялся долгое время, вплоть до появления первого стального резервуара в 1878 году. С этого времени нефтесклады начинают оборудоваться металлическими резервуарами и паровыми насосами. Снабжение потребителей производилось бочками на конной тяге, а с развитием автомобилестроения — небольшими односекционными бензовозами.

Такое положение дел просуществовало довольно длительное время и привело к появлению определенных технических решений, т.н. точек налива. На сегодняшний день они представляют собой металлическую эстакаду с насосным оборудованием, фильтрами, газоотделителями и наливной стояк с прибором



учета. Количество стояков соответствует ассортименту продуктов, отпускаемых нефтебазой. Таким образом, с одной точки налива отпускается только один вид топлива. С течением времени оборудование, естественно, улучшалось, появлялись более совершенные электронные приборы учета, активно внедрялась автоматика и компьютерная техника, но принцип обслуживания автоцистерн, заложенный в те далекие годы, оставался

неизменным.

Автомобильный бум и появление многосекционных бензовозов добавил серьезных проблем хозяевам нефтебаз. С существующим оборудованием они оказались просто не готовы к обслуживанию многократно увеличившихся потребителей и большим темпам отгрузок. Огромные очереди на нефтебазах достигают 6-8 часов, а в период максимальной нагрузки намного больше.

Получается, вместо того, чтобы работать и приносить прибыль, бензовоз просто простаивает в очереди. Да и сама нефтебаза могла бы значительно увеличить свои доходы, отпуская большее количество продукта. Попытки увеличить число точек налива и применить современные методы логистики желаемого результата не принесли. Действительно, попробуйте налить огромный четырехсекционный бензовоз различными видами топлива, не забывая при этом, что одна точка налива выдает только один вид продукта. Ваш бензовоз будет совершать замысловатую эволюцию по территории базы, соперничая или просто мешая движению других машин. Задержки возникают также и при различных механических манипуляциях – это открытие и закрытие крышек люков, опускание и поднятие наливного стояка, опечатывание горловины. Таково состояние дел на нефтебазах. Решение этих проблем требуют принципиально нового подхода.

В Европе таким решением было применение терминалов нижнего налива, являющимся на сегодняшний день основной технологией налива автоцистерн. Этот метод, безусловно, обеспечивает быстроту налива, не требует нахождения наверху цистерны оператора, но для применения в России не подходит по следующим причинам:

- Особенности технологии нижнего налива не позволяют заправлять одновременно одним видом топлива несколько секций, что приводит к увеличению времени налива от заявленного.
- Отсутствие оператора на бензовозе для России не является приемлемым, так как использование цистерн как мер полной вместимости требует визуального контроля налива секций «по планку», а необходимость пломбирования горловин вообще сводит на нет данное преимущество.
- Самым серьезным недостатком применения технологии нижнего налива для РФ является необходимость дооснащения всех бензовозов необходимым оборудованием, что требует значительных финансовых затрат и технически достаточно сложно.

Таким образом, все перечисленное выше вызывает сомнение в целесообразности применения технологии нижнего налива в России.

Предлагаемый ООО НПО «ВигорТЕХ» вариант реконструкции нефтебаз включает в себя следующее:

- Строительство разработанного нами многотопливного терминала для верхней загрузки многосекционных бензовозов, который позволяет производить загрузку автоцистерны любым видом продукта в любой отсек за 10-15 минут.
- Оставшееся одноточечное оборудование подвергается модернизации до требуемых норм промбезопасности и используется для налива односекционных бензовозов мелких потребителей.

- Установка автоматизированной системы управления нашей разработки с использованием видеокамер и программного обеспечения распознавания номеров автотранспорта для оптимального распределения потоков машин по точкам налива.

Многотопливный терминал представляет собой измерительно-дозировочный комплекс, состоящий из следующих блоков:

- Насосный блок, предназначенный для подготовки и перекачки нефтепродуктов.
- Блок налива с шарнирносочлененными трубопроводами и герметичными наконечниками.
- Блок учета с высокоточными расходомерами и регулирующими клапанами.
- Автоматизированная система управления с видеофиксацией и интеграцией в программный комплекс 1С Предприятие.
- Металлоконструкция с алюминиевыми трапами, обеспечивающая безопасный и быстрый доступ оператора на автоцистерну.

Многотопливный терминал позволит осуществлять загрузку многосекционных бензовозов за 10-15 минут и обеспечить перевалку до 2 500 кубометров нефтепродуктов в сутки или 900 000 кубометров в год. Оптимизируется также работа подвижного состава. Так, например, для обслуживания 5 автозаправочных станций при наливке традиционным способом необходимо 10 бензовозов, но если время их налива уменьшить до 15 минут, то их количество можно сократить до 3 машин. Если учесть, что стоимость одного бензовоза составляет примерно 6 миллионов рублей, то экономия только от сокращения подвижного состава достигнет 42 миллионов, при этом стоимость данного проекта ориентировочно составляет 40 миллионов. Даже не беря в расчет увеличившуюся пропускную способность нефтебазы, а это тоже немалые деньги, можно сказать, что проект является высокорентабельным и быстроокупаемым.

О защите приборов КИПиА

Надежная работа приборов КИПиА, которые являются «глазами» производства, естественное желание для всех специалистов, думающих о бесперебойной работе предприятия. С освоением новых нефтяных и газовых месторождений, строительством перерабатывающих комплексов и трубопроводных сетей на Крайнем Севере и Сибири, стремление защитить оборудование от воздействия атмосферных осадков и перепадов температур особенно актуально. Но и в средней полосе России, с её достаточно суровым климатом, эта проблема тоже существует.

Основными неблагоприятными факторами воздействия внешней среды являются:

- Низкая температура

Конечно, каждый приличный производитель оборудования КИПиА, стремится свести к минимуму погрешности измерений, связанные с колебаниями температуры. Но, к сожалению, как показывает практика, электроника стабильно работает в достаточно узком диапазоне температур. Например, жидкокристаллический дисплей, которым сейчас оснащается большинство современных приборов, вообще не работает при небольших морозах.

- **Высокая температура**

В летнее время под лучами прямого яркого солнца легко превышаются допустимые температуры работы приборов.

- **Конденсация**

Все без исключения электронные приборы не выносят постоянной конденсации влаги. А под открытым небом температура часто проходит «точку росы». Кроме того, в атмосфере промышленного предприятия, капли осадков и конденсата содержат различные химические вещества, вызывающие ускоренную коррозию. Причем коррозионным поражениям в атмосфере с содержанием кислотных осадков подвержена даже нержавеющая сталь.

Таким образом, размещение приборов КИПиА в защитные обогреваемые шкафы, является необходимым условием для их стабильной работы и точности измерений.

Водяной или паровой обогрев шкафа, влечет за собой появление новых, пожалуй, еще больших проблем. К тому же он не экономичен, да и не всегда доступен. Наилучшим вариантом, на сегодняшний день, является способ обогрева электрическим током. Выполненные во взрывозащищенном исполнении, предназначенные для работы в тяжелых условиях, электрические обогреватели с успехом решают обозначенную проблему.

Конструкция, теплотехнический расчет и испытание защитного шкафа [1].
На рисунке 1 показан разрез стенки шкафа.

1 слой – стеклопластик:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= 0,0025\text{ м}; & \gamma_1 &= 1833 \text{ кг/м}^3; \\ \lambda_1 &= 0,162 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}. \end{aligned}$$

2 слой – заливочный пенополиуретан марки

Изолан 210-1:

$$\begin{aligned} \delta_2 &= 0,015 \text{ м}; & \gamma_2 &= 60 \text{ кг/м}^3; \\ \lambda_2 &= 0,022 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}. \end{aligned}$$

3 слой – стеклопластик:

$$\begin{aligned} \delta_3 &= 0,0025 \text{ м}; & \gamma_3 &= 1833 \text{ кг/м}^3; \\ \lambda_3 &= 0,162 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}. \end{aligned}$$

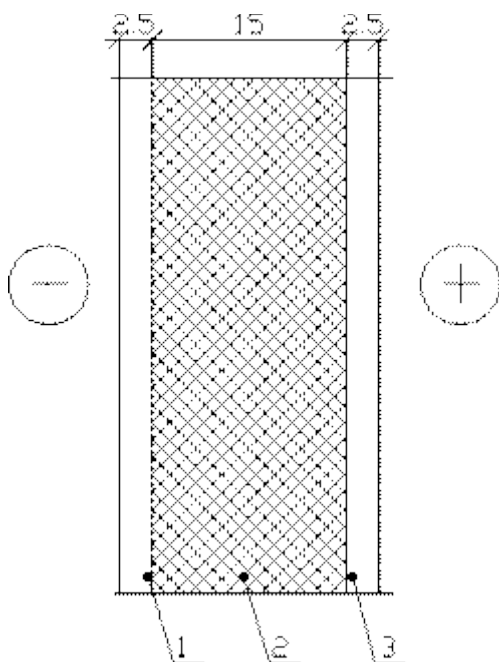


Рисунок 1

Шкаф предназначен для защиты приборов в различных отраслях промышленности от воздействия пыли, атмосферных осадков и действия химических реагентов при температуре окружающей среды от -50°C до $+80^{\circ}\text{C}$. Изготавливается из химически стойкого, трудногорючего стеклопластика. Имеет замки для закрывания. Защитный кожух представляет из себя диабокс, состоящий из двух створок, разделенных по диагонали.

Определение коэффициента теплопроводности проводилось стационарным методом в соответствии с ГОСТ 7076-99 "Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном режиме" с использованием метода доктора Бокка.

Сущность испытания заключается в создании теплового потока, направленного перпендикулярно к наибольшим граням плоского образца определенной толщины, измерении плотности стационарного теплового потока и температур на противоположных гранях образца.

Плотность теплового потока определялась по показаниям электрического счетчика за определенный промежуток времени и значению константы ступени мощности.

Температуры дистиллированной воды при подаче к плитам и отводе из них точно измерялись градуированным термометром с ценой деления $0,2^{\circ}\text{C}$.

Установка доктора Бокка позволяет определить значения теплопроводности теплоизоляционных и строительных материалов в пределах $\lambda = 0,029 \div 1,98 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$.

Погрешность при измерении составляет $2 \div 3\%$. Измерения проводились при температуре дистиллированной воды от 20 до 50°C .

Обозначения: d_1, d_2, d_3, d_4 – толщина образца, мм; d – средняя толщина образца, мм; t_{w1}, t_{w2} – температура защитной плитки нагревателя, $^{\circ}\text{C}$; t_w – средняя температура защитной плитки, $^{\circ}\text{C}$; t_{k1}, t_{k2} – температура плитки охлаждения, $^{\circ}\text{C}$; t_k – средняя температура плитки охлаждения, $^{\circ}\text{C}$; Δt – разность температур, $^{\circ}\text{C}$; E – работа электрического тока, Вт \cdot ч; τ – время, ч; $\Delta \tau$ – разность времени между измерениями, ч; q – плотность теплового потока, Вт/м 2 ; k_i – константа ступени мощности, Вт/(м 2 \cdot Вт \cdot ч); λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м $^{\circ}\text{C}$).

Средняя толщина образца равна:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4}, \text{ мм.}$$

Средняя температура находится по формуле:

$$t_w = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad t_s = \frac{t_{s1} + t_{s2}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Разность температур равна:

$$\Delta t = t_w - t_s, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Плотность теплового потока составляет:

$$q = \kappa_i \cdot \frac{\Delta E}{\Delta Z}, \text{ Вт/м}^2,$$

Коэффициенты ступени мощности κ_i определялись с использованием тарировки эталонных образцов.

Коэффициент теплопроводности определяется по закону Фурье:

$$\lambda = \frac{q \cdot d}{\Delta t}, \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)},$$

В целях достижения необходимой точности результатов и их достоверности выполнено не менее 5-7 опытов на каждом образце. По результатам испытаний определяется среднее значение коэффициента теплопроводности.

Результаты исследования (протоколы испытаний приводятся в [1]):

Стеклопластик плотностью $\rho = 1833 \text{ кг/м}^3$ толщиной 2,5 мм имеет коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,162 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$,

Пенополиуретан марки Изолан 210-1 толщиной 15 мм имеет коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,022 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$.

Теплотехнические расчеты кожуха для защиты приборов от воздействия пыли, атмосферных осадков и действия химикатов

Целью теплотехнических расчетов является определение теплозащитных характеристик сэндвич-панелей, обеспечивающих отсутствие выпадения конденсата на внутренних поверхностях защитного кожуха.

Санитарно-гигиеническое условие для ограждающих конструкций формулируется в виде неравенства:

где t_s - температура на внутренней поверхности ограждающей конструкции, $^\circ\text{C}$;

t_p - значение температуры точки росы, зависящее от температуры и относительной влажности внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$.

Для определения t_p можно использовать таблицу из Свода Правил 23-101-20041 или аналитическую зависимость [2]

$$t_p = 20,1 - \left(5,75 - 0,00206 \cdot 10^{\frac{1875 - 155 + 8,124}{255 - t}} \cdot \varphi_s \right)$$

Чтобы придать формуле универсальный характер, введём понятие безразмерной температуры [3]. Тогда неравенство запишется в следующем виде:

$$\theta < \theta_{\text{г}}$$

где

С другой стороны величина безразмерной температуры θ внутренней поверхности ограждающей конструкции связана с её термическим сопротивлением R_0 следующим выражением:

где α_s - коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности ограждения, определяемый согласно рекомендациям, приведенным в [4], $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$,

$$R_0$$

- сопротивление теплопередаче ограждения, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$.

Таким образом, задаваясь относительной влажностью и значением температуры внутреннего воздуха, можно определить требуемое значение сопротивления теплопередаче защитного кожуха из условия недопустимости выпадения конденсата на его внутренней поверхности.

На рисунке 2 представлена зависимость требуемого сопротивления теплопередаче защитного кожуха от безразмерной температуры.

Алгоритм теплотехнического расчёта сэндвич-панели защитного кожуха.

1. По заданной температуре внутреннего воздуха и относительной влажности определяется значение температуры точки росы табличным или аналитическим методами.
2. Определяется предельно-допустимое значение безразмерной температуры сэндвич-панели

$$\theta_{\text{г}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{р}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}},$$

где $t_{\text{н}}$ - температура наружного воздуха, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки.

3. Находится значение требуемого сопротивления теплопередаче сэндвич-панели из условия отсутствия выпадения конденсата:

$$R_{\text{тот}} = \frac{1}{\alpha_s \cdot \theta_{\text{г}}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

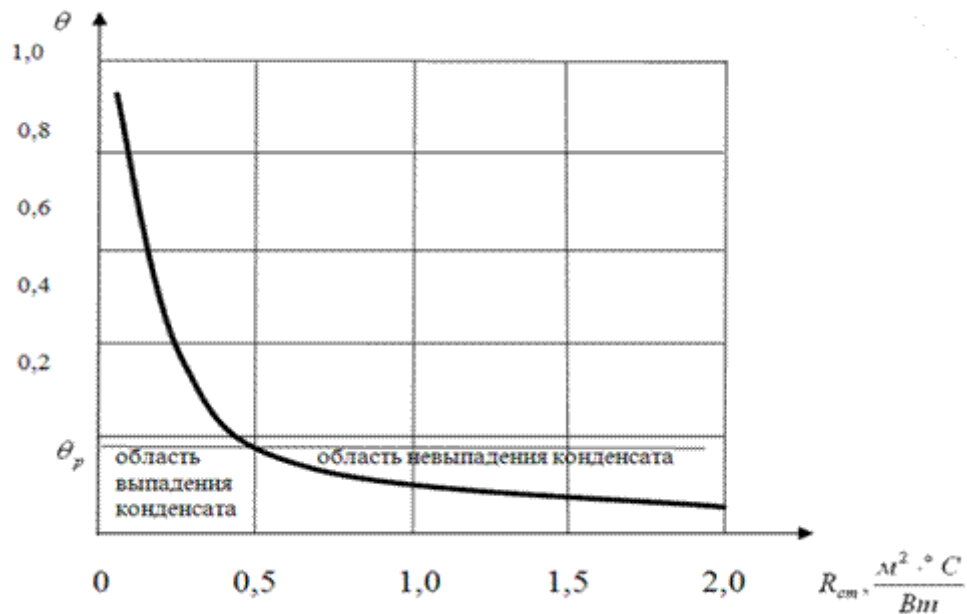


Рисунок 2

4. Определяется сопротивление теплопередаче сэндвич-панели защитного кожуха по формуле

$$R_{\text{смп}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_i = \frac{\alpha_i}{\lambda_i}$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – термическое сопротивление слоя сэндвич-панели, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

значение коэффициента теплопередачи со стороны наружного воздуха, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

5. Если $R_{\text{смп}} > R_{\text{смп}}^{\text{треб}}$, то теплотехнический расчет заканчивается.

Определим значения требуемого сопротивления теплопередаче сэндвич-панели при различных расчетных температурах наружного воздуха.

Расчетная температура наружного воздуха $t_{\text{н5}}$ обеспеченностью 0,92 на территории Российской Федерации изменяется от -3 °C (г. Сочи) до -59 °C (г. Верхоянск). Примем $t_{\text{н5}} = -30 \text{ °C}$.

Температуру внутреннего воздуха в защитном кожухе будем считать равной 10 °C , а относительную влажность – 60%.

Температура точки росы составит $2,2 \text{ °C}$.

Значения допустимой безразмерной температуры и требуемого сопротивления теплопередаче защитного кожуха приведены в таблице 1.

На рисунке 3 представлена зависимость требуемого сопротивления теплопередаче защитного кожуха от температуры наружного воздуха.

Определяем сопротивление теплопередаче сэндвич-панели

$$0,884 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

По рисунку 2 минимальное значение температуры наружного воздуха составило $t_{\text{min}} = -50 \text{ °C}$.

Таблица 1

$t_n, ^\circ\text{C}$	Допустимое значение безразмерной температуры	$R_{\text{сэндвич}}$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт
-20	0,26	0,442
-25	0,223	0,515
-30	0,195	0,589
-35	0,173	0,664
-40	0,156	0,737
-45	0,142	0,809
-50	0,130	0,884
-55	0,120	0,958
-59	0,113	1,02

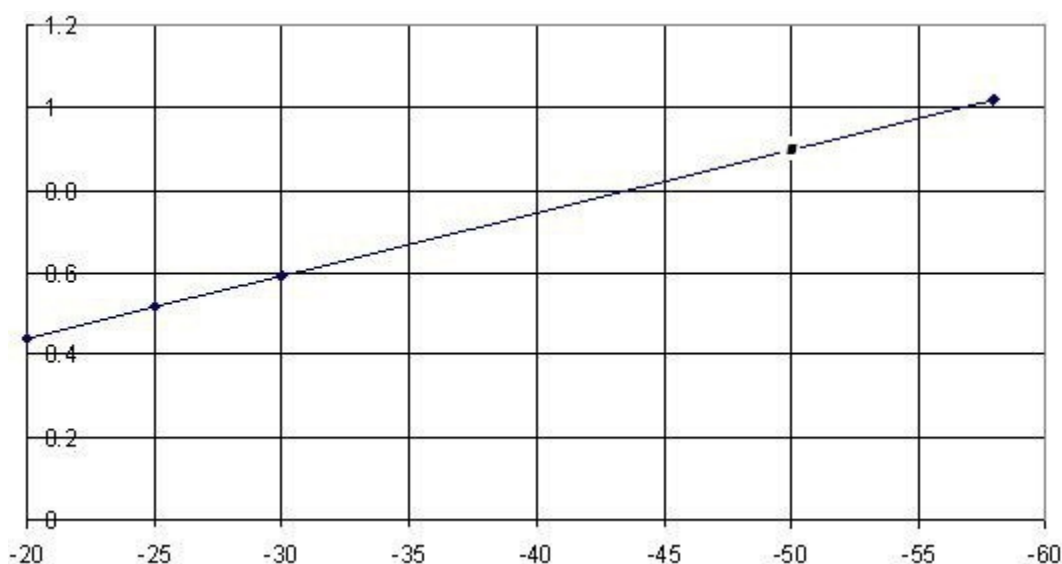


Рисунок 3

Выводы и рекомендации

1. По результатам экспериментального исследования определено значение

$$\frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

термического сопротивления сэндвич-панели, которое составило $R = 0,884$.

2. Конструкция сэндвич-панели обеспечивает нормативный тепловлажностный режим эксплуатации защитного кожуха (без выпадения конденсата) при расчетной температуре наружного воздуха не ниже -50°C , т.е. для абсолютного большинства регионов России.

Конструкция электрических нагревателей

Конструктивно обогреватель выполнен в виде оболочки из двух скрепленных между собой металлических ребристых крышек, между которыми помещается плоский нагревательный элемент, изолированный от крышек листами миканита и залитый термостойким компаундом. Снаружи на крышке закреплена металлическая коробка

кабельного ввода, в которой находится термодатчик, отключающий питание обогревателя при аварийном повышении температуры допустимой свыше + 100 °С, и плавкий предохранитель, защищающий обогреватель от коротких замыканий внутри нагревательного элемента.

Отрезок кабеля питания от нагревателя до соединительной муфты имеет нагревостойкую изоляцию, остальной кабель после муфты – обычную изоляцию. Внутри соединительной муфты находится терморегулятор, включающий питание при снижении температуры внутри шкафа до + 10 °С и отключающий питание при температуре свыше + 14 °С. Внутренние полости коробки ввода и соединительной муфты залиты термостойким компаундом

Обогреватели имеют взрывозащиту вида «герметизация компаундом (m)» и маркировку взрывозащиты 2ExmIIT4. Степень защиты от внешних воздействий не ниже IP54.

Питание обогревателей осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В с частотой 50 Гц.

Область применения - как самостоятельное изделие во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок.

В сентябре 2010 года налажен выпуск модернизированного обогревателя шкафов автоматики. Была произведена замена биметаллического термостата на бесконтактную электронную схему управления. Изменения не коснулись ни одной габаритной характеристики обогревателя, но значительно улучшили его эксплуатационные параметры:

1. Отказ от коммутационных цепей (ресурс порядка 10 000 включений) многократно увеличил надежность работы обогревателя и сделал жизненный цикл системы управления равным всему времени эксплуатации прибора.
2. За счет более точной регулировки температурного режима, уменьшения гистерезиса достигается экономия электроэнергии, что особенно актуально при больших количествах мощных обогревателей.
3. Незначительное увеличение отпускной цены модернизированного обогревателя и отсутствие на отечественном рынке аналогов делает его очень привлекательным и доступным для любых заинтересованных лиц и организаций.

Получен сертификат на электромагнитную совместимость. Проведены подготовительные работы по переходу на перспективные нагревательные элементы.

Расчеты теплотерь и потребной мощности электрических нагревателей

Нагрев сопротивлением происходит за счет выделения теплоты в проводящем материале при протекании по нему электрического тока. Этот вид нагрева основан на законе Джоуля-Ленца. Выделяемая в проводнике тепловая энергия Q в ккал пропорциональна квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени протекания тока:

$$Q = 0,00024 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ (ккал)},$$

где Q – количество выделяющейся теплоты, ккал;

I – ток, А;

R – сопротивление, Ом;

t – время, с.

Выделяемая в проводнике тепловая энергия может быть использована непосредственно для нагрева самого проводника, который в этом случае является нагреваемым телом (принцип прямого нагрева). При косвенном нагреве энергия нагрева передается специальными проводниками (нагревателями), по которым проходит электрический ток к другим изделиям, подлежащим нагреву путем конвекции и излучения тепловой энергии. Тепловая мощность электронагревателей, установленных в отапливаемом защитном шкафу должна компенсировать теплотери в окружающую среду, определяемая по формуле

$$Q = \beta \cdot \frac{1}{R_{\Sigma}} \cdot F(t_{в} - t_{н}), \text{ Вт}$$

где β – коэффициент запаса, учитывающий дополнительные теплопотери через замки и кабельный ввод, принимается $\beta = 1,1$;

F – поверхность защитного шкафа, в нашем случае $F = 1,29 \text{ м}^2$.

На рисунке 4 представлена зависимость мощности электронагревателей установленных в защитном шкафу от температуры наружного воздуха.

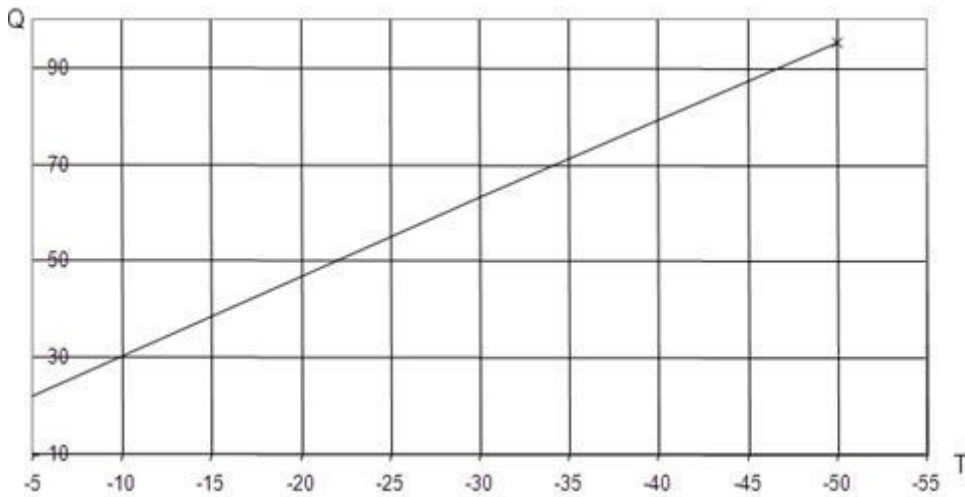


Рисунок 4

Были проведены испытания в климатической камере двух видов обогревателей - с биметаллическим терморегулятором и электронным. Результаты, полученные при температуре -40 градусов представлены на рисунке 5.

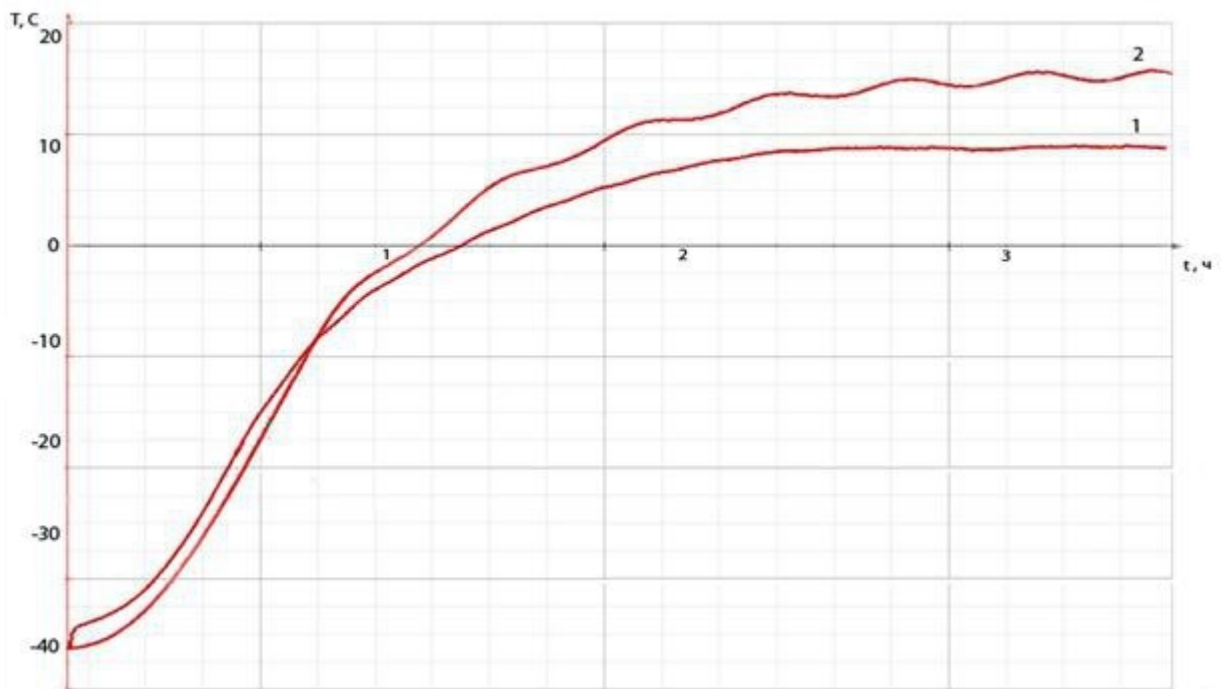


Рисунок 5

Обозначены:

- 1- температурный график нагрева внутреннего объема защитного шкафа обогревателем с электронным управлением;
- 2- температурный график нагрева внутреннего объема защитного шкафа обогревателем с биметаллическим управлением.

