

Применение УЗИП (ЩЗИП) в районах с тяжелыми климатическими условиями.

Часть вторая.

В качестве примера для расчета теплового баланса будем рассматривать шкаф ЩЗИП совмещенный с оборудованием САУ крановой площадки газопровода.



Рисунок 4 – Внешний вид ЩЗИП на объекте эксплуатации

ЩЗИП установлен на объекте Краснотурьинского ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Югорск» в умеренном климатическом поясе. Лето умеренно теплое (от плюс 10 до плюс 25-28 °С). Зима холодная (от плюс 4 до минус 50 °С). Годовое количество осадков от 1000 до 3000 мм. Наблюдается значительное влияние западных ветров, приносящих осадки весь год. Значения климатических факторов среды в районе эксплуатации приняты согласно ГОСТ 15150-69, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения климатических факторов среды при эксплуатации

Наименование и единица измерения	Для климатического исполнения У1 по ГОСТ 15150-69					
	Рабочее		Предельное		Средне-годовое	Эффективное
	верхнее	нижнее	верхнее	нижнее		
Температура, °С	+ 40 (55*)	- 45	45 (60*)	- 50	15 (30*)	18
Влажность, %	+ 100 при 25 °С				75	70
Абсолютная влажность, г/м ³					10	
* с учетом требований п.п 3.2 ГОСТ 15150-69 – нагрев солнечными лучами						

Щиток оснащен системой автоматического поддержания заданной температуры и относительной влажности внутри щитка, обеспечивающей безопасную работу размещенного в нем оборудования.

Рабочая температура и относительная влажность поддерживаются при помощи обогревателя и вентилятора, управляемых двумя независимыми терморегуляторами и гигростатом. По умолчанию на терморегуляторах заданы значения плюс 10 °С и плюс 40 °С, соответственно. Таким образом, при понижении температуры в щитке включается обогреватель, а при повышении вентилятор. В рабочем диапазоне температур вентилятор и обогреватель выключаются автоматически (нагреватель при плюс 15 °С, вентилятор при плюс 35 °С). Относительная влажность внутри щитка поддерживается на уровне 65 %. При ее увеличении включается обогреватель, воздух подсушивается, и нагрев автоматически выключается. Таким образом, можно избежать выпадения конденсата. Для уменьшения тепловых потерь металлический корпус проклеен теплоотражающим материалом – пенофолом толщиной 10 мм.

Данные по типу оболочки ЩЗИП представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Конструктивные параметры ЩЗИП

Параметры ЩЗИП			
Данные для расчета	Значение	Источник	Прим.
высота, ширина, глубина, мм	1400x1000x300	конструкторская документация завода изготовителя АО «Хакель Рос»	См. рис.1
исполнение оболочки		напольный металлический шкаф	
тип установки оболочки	1	фотография с места установки	См. табл. 2
коэффициент поверхности b, в соответствии с типом установки	1,4	фотография с места установки	См. табл. 3
наличие вентиляционных отверстий	150x150 мм 1 шт.	конструкторская документация завода изготовителя АО «Хакель Рос»	См. рис.2
количество горизонтальных	нет	конструкторская документация завода изготовителя	

внутренних перегородок		АО «Хакель Рос»	
потери мощности установленного в оболочке оборудования		конструкторская документация завода изготовителя АО «Хакель Рос»	См. табл. 2
потери мощности проводников внутри оболочки			См. табл. 2
эффективная поверхность охлаждения Аэ	<p>Ао – верхн. часть = 0,3 Ао – передн. часть = 1,4 Ао – задн. часть = 1,4 Ао – лев. сторона = 0,42 Ао – прав. сторона = 0,42</p>	$A_{\text{э}} = \sum(A_{\text{о}} \cdot b) = 0,42 + 1,96 + 1,96 + 0,59 + 0,59 = 5,5$	См. табл. 2

Для определения мощности обогревателя/охладителя воспользуемся справочными таблицами 4 – 11 .

Таблица 4 – Тип установки НКУ в пространстве







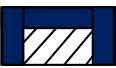
п.п.	Тип установки	
1	Обособленная оболочка, отделенная со всех сторон	
2	Первая или последняя оболочка отдельного типа	
3	Обособленная оболочка для настенного монтажа	
		
4	Первая или последняя секция для настенного монтажа	
	Центральная оболочка для настенного монтажа с закрытой верхней поверхностью	
5	Центральная оболочка для настенного монтажа	

Таблица 5 – Коэффициент поверхности b в соответствии с типом установки

Тип установки	Коэффициент поверхности b
Открытая верхняя поверхность	1,4
Закрытая верхняя поверхность, например, встроенных оболочек	0,7
Открытые боковые поверхности, например, передняя, задняя и боковая стенки	0,9
Закрытые боковые поверхности, например, задняя поверхность оболочек, смонтированных на стене	0,5
Боковые поверхности центральных оболочек	0,5
Коэффициент поверхности	Не учитывается

Таблица 6 – Коэффициент для перегородок

Коэффициент d для оболочек без вентиляционных отверстий с эффективной поверхностью охлаждения $A > 1.25 \text{ м}^2$	
Количество горизонтальных перегородок	Коэффициент d
0	1
1	1,05
2	1,15
3	1,3

Таблица 7 – Определение константы «k»

Константа k для оболочек без вентиляционных отверстий с эффективной поверхностью охлаждения $A > 1.25 \text{ м}^2$			
1.25	0.524	6.5	0.135
1.5	0.45	7	0.13
2	0.35	7.5	0.125
2.5	0.275	8	0.12
3	0.225	8.5	0.115
3.5	0.2	9	0.11
4	0.185	9.5	0.105
4.5	0.17	10	1
5	0.16	10.5	0.095
5.5	0.15	11	0.09
6	0.14	11.5	0.085

В шкафу отсутствуют шины, кабели и проводники главных цепей. Рассчитаем потери в проводниках. Для расчета воспользуемся формулой (1) и справочными данными Приложения 1.

Таблица 8 – Потери номинальной (активной) мощности в проводниках

Проводники дополнительных (вторичных) цепей			
	Длина	Сечение	Потери
Провод	10 м	2.5 мм ²	0,086 Вт/10м
Провод	200 м	0.5 мм ²	0,088 Вт/200м
Провод РЕ	5 м	2.5 мм ²	0 Вт/м
Провод РЕ	5 м	6 мм ²	0 Вт/м

Рассчитаем суммарное выделение тепла.

Таблица 9 – Данные по тепловым потерям комплектующих изделий ЩЗИП

Наименование	Модель	Потери	Кол-во
Блок питания ~220В/±24В	TIS600 - 124UDS	176 Вт	1
Плата процессора	Fastwel CPC 10803	0,3 Вт	1
Плата аналогового ввода	Fastwel AIC124-01	0,1 Вт	1
Плата дискретного ввода	Fastwel DIC122-02	0,1 Вт	1
Плата дискретного вывода	Fastwel DIC123-01	0,1 Вт	1
Плата питания	Fastwel PS151	1 Вт	1
Авт. выключатель	2-полюсн. S202 10А	3,0 Вт на полюс	1
Авт. выключатель	2-полюсн. S202 6А	3,0 Вт на полюс	1
Преобразователи питания DATAFORTH	SCM5B33-05	30 Вт	1
Преобразователи питания DATAFORTH	SCM5B31-09	30 Вт	1
Преобразователь напряжения	МП40Ф-24-110	10 Вт	1
Реле времени	RE22R2AMR	0,1Вт на контакт	1
Модуль питания	PSL-3-24-24	3 Вт	1
Модуль питания	PSL-3-24-5	3 Вт	1
Реле	CR-M024DC2 24В DC	0,1Вт на контакт	11
Модуль индикации с диодом	6-230V DC	0,5 Вт	12
Реле	CR-M110DC2 110В DC	0,1Вт на контакт	1
УЗИП	SPC 1 150 DS (LT)	0	1
УЗИП	SPC 1 150 DS 60В (LT)	0	1
УЗИП	SPC 1.1 150 DS 60В (LT)	0	1
УЗИП	DTNVR 1/110/0,5/1500-L (LT)	0,1 Вт	4
УЗИП	DTNVR 1/24/0,5/1500-L (LT)	0,1 Вт	6
УЗИП	DTNVR 1/12/0,5/1500-L (LT)	0,1 Вт	4
УЗИП	DTNVR 1/6/0,5/1500-L (LT)	0,1 Вт	6
Проводники различного сечения	ПугВ	0,2 Вт	~220 м

Итого суммарная мощность 301.6Вт ~ 302 Вт.

Определяем коэффициент распределения температуры «С» для оболочек без вентиляционных отверстий, с эффективной поверхностью охлаждения $A_{\text{э}} > 1,25 \text{ м}^2$.

Таблица 10 – Поправочный коэффициент «С»

f	Тип установки по таблице 4				
	1	2	3	4	5
0,6	1,225	1,21	1,19	1,17	1,113
1	1,24	1,225	1,21	1,185	1,14
1,5	1,265	1,245	1,23	1,21	1,17
2	1,285	1,27	1,25	1,23	1,19
2,5	1,31	1,29	1,275	1,25	1,21
3	1,325	1,31	1,295	1,27	1,23
3,5	1,35	1,33	1,315	1,29	1,255
4	1,37	1,355	1,34	1,32	1,275
4,5	1,395	1,375	1,36	1,34	1,295
5	1,415	1,395	1,38	1,36	1,32
5,5	1,435	1,415	1,4	1,38	1,34
6	1,45	1,435	1,42	1,395	1,355
6,5	1,47	1,45	1,435	1,41	1,37
7	1,48	1,47	1,45	1,43	1,39
7,5	1,495	1,48	1,465	1,44	1,4
8	1,51	1,49	1,475	1,455	1,415
8,5	1,52	1,505	1,49	1,47	1,43
9	1,535	1,52	1,5	1,48	1,44
9,5	1,55	1,53	1,515	1,49	1,455
10	1,56	1,54	1,52	1,5	1,47
10,5	1,57	1,55	1,535	1,51	1,475
11	1,575	1,565	1,549	1,52	1,485
11,5	1,585	1,57	1,55	1,525	1,49
12	1,59	1,58	1,56	1,535	1,5
12,5	1,6	1,585	1,57	1,54	1,51

$$f = h \frac{1.35}{A_{\text{осн}}} \quad (10)$$

где: h – высота оболочки,
A_{осн} – площадь основания,

Тип установки определяется по условиям таблицы 4,

$C = 1,41$, между значениями 1,435 и 1,415.

Превышение температуры на уровне высоты половины оболочки $\Delta t_{1/2}$ составит:

$$\Delta t_{1/2} = Q^{0.8} dk \quad (11)$$

$\Delta t_{1/2} = 98,34 \times 0,15 \sim 14,0$ К.

Для определения температуры в верхней части оболочки Δt_1 необходимо установить поправочный коэффициент $f = 5,26$. Коэффициент распределения температуры для оболочек без вентиляционных отверстий, с эффективной поверхностью охлаждения $A > 1,25$ м², $C = 1,41$.

$$\Delta t_1 = \Delta t_{1/2} \times C \quad (12)$$

Для исследуемого шкафа ЩЗИП расчетная температура в верхней части оболочки выше температуры окружающей среды на $\Delta t_1 = 19,6$ К.

По упрощенной формуле (3), (4) для окрашенного шкафа превышение температуры внутри оболочки составит: $T_i = Q / (K \times A_{\Sigma}) = 11$ К.

Обе формулы расчета показали схожий результат при определении превышения температуры внутри шкафа. Методика стандарта МЭК 60890 точнее, но данные отличаются незначительно. Поэтому можно рекомендовать к применению обе формулы для вычислений, при этом особое внимание уделить реальным режимам работы, и, следовательно, мощности, которая преобразуется в тепло.

Приведенные методики расчета сводятся к определению **превышения** температуры внутри НКУ; подразумевается, что данное превышение будет существовать относительно температуры окружающего воздуха во всем диапазоне. Для определения относительной температуры внутри оболочки достаточно суммировать текущее значение окружающего воздуха со значением превышения. Разработчику остается, задавшись допустимым температурным диапазоном, получить значения по искусственному (внешнему) ограничению климатических условий, либо предусмотреть при необходимости вентиляцию (обогрев) и регулировать климатические параметров за счет внутренних устройств – обогреватели, вентиляторы, кондиционеры.

Вопросы теплопередачи, связанные с наличием разницы температур, материала, толщины стенки и эффективной площади рассеивания тепла могут быть рассмотрены с помощью формулы (16).

Вот и все, а теперь с учетом известных значений температур окружающей среды (T_{min} , T_{max}), можно найти максимальные и минимальные значения температуры (°C) внутри шкафа:

С учетом температуры окружающего воздуха по ГОСТ 15150-69 для интервала наблюдений 65 % и 100 % (верхнее и нижнее рабочее значение) внутри оболочки могут быть достигнуты значения температуры (T_{max} , T_{min}) указанные в таблице 11.

Полученные данные необходимо сравнить с температурными режимами оборудования. Если максимальное расчетное значение температуры менее заданного максимального ($T_{\text{max}} < T_{\text{max}}$), то системы поддержания микроклимата (охлаждения) не требуется. Если минимальное расчетное значение температуры ниже заданного ($T_{\text{min}} < T_{\text{min}}$), то необходимо предусмотреть электрический нагреватель. Для комплектующих, примененных в составе ЩЗИП, допустимый температурный диапазон указанный производителем составляет от минус 40 (T_{min}) до плюс 60 °C (T_{max}), следовательно, дополнительных мер по температурному регулированию не нужно.

Заметим, что данные полученные для температурных режимов следует рассматривать независимо от определения точки росы и образования конденсата.

Таблица 11 - Расчет температурных колебаний

Значение T _{max} , T _{min}	В доверительном интервале 65 %		Верхнее и нижнее рабочие значения (100 %)* без учета воздействия солнечных лучей		Эффект. значение
	Методика МЭК 60890				
Область шкафа	верх	середина	верх	середина	29
Верхнее значение	44	39	61	54	
Нижнее значение	-13	-18	-24	-31	

Определяем необходимость утеплителя/обогрева/охладителя.

Суммарно тепловыделение внутри шкафа составляет 302 Вт.

Предположим, что необходимо установить температурный режим работы в диапазоне, отличном от значений, полученных без регулирования. Для этого предусмотрено два возможных варианта. Мощность системы можно определить из выражения:

$$P_{\text{охлаждения}} = Q - K \times A_{\text{э}} \times (T_{\text{max}} - T_{\text{emax}}) \quad (13)$$

Необходимый поток воздуха [м³/ч] можно рассчитать:

$$V = f \times P_{\text{охлаждения}} / (T_{\text{max}} - T_{\text{emax}}) \quad (14)$$

где:

T_{min} — минимальное допустимое значения температур внутри шкафа после регулирования;

T_{max} — максимальное допустимое значения температур внутри шкафа после регулирования;

f — поправочный коэффициент (коэффициент $f = C_p \times \rho$, произведение удельной теплоемкости и плотности воздуха на уровне моря).

Для различных высот над уровнем моря коэффициент f имеет следующие значения:

- 0–100 м f = 3,1;
- 100–250 м f = 3,2;
- 250–500 м f = 3,3;
- 500–350 м f = 3,4;
- 750–1000 м f = 3,5.

$$P_{\text{обогрева}} = K \times A_{\text{э}} \times (T_{\text{min}} - T_{\text{emin}}) - Q \quad (15)$$

При расчете воздушного потока, создаваемого вентилятором, необходимо учитывать потери нагрузки, вызванные выпускными компонентами (воздухораспределительная решетка и фильтр, наличие или отсутствие вентиляционной решетки). Следует учитывать потери, которые неизбежно будут возникать вследствие загрязнения фильтра и уменьшения пропускной способности фильтра. При проектировании должно быть обеспечено равномерное распределение потерь мощности внутри оболочки (шкафа), а расположение встроенного оборудования не должно препятствовать циркуляции воздуха. При мощности обогревателя более 250Вт для эффективного рассеивания мощности желательно установить вентилятор. Несоблюдение этих правил потребует проведения более сложных тепловых расчетов для исключения вероятности локальных перегревов и эффекта байпаса. Предположим, что регулированием температурного режима надо обеспечить интервал от 10 T_{min} до 25 °C T_{max}

во всем диапазоне эксплуатации включая верхние и нижние рабочие значения. В данном случае необходимо охлаждение ($T_{max} > T_{max}$), и обогрев ($T_{min} < T_{min}$).

$$P \text{ охлаждения} = 302 - 5,5 \times 5,5 \times (25 - 40) = 302 + 605 = 756 \text{ Вт}$$

$$V = 3,1 \times 900 / (25 - 45) = 140 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$P \text{ обогрева} = 5,5 \times 5,5 \times (10 - (-45)) - Q = 1364 \text{ Вт}$$

Если температура воздуха внутри шкафа выше температуры окружающего воздуха, то естественно он будет греть окружающий воздух. Если температура воздуха снаружи шкафа выше температуры воздуха внутри шкафа, то шкаф соответственно будет нагреваться. Это классический случай теплопередачи через плоскую стенку. Складываем теплоприток через стенки, и получаем суммарный теплоприток через все стенки шкафа.

Теплоприток рассчитывается по формуле:

$$Q = K \times A_{\Sigma} \times dT \quad (16)$$

где:

K - коэффициент теплопередачи стенки, Вт/($\text{м}^2 \times \text{К}$);

S - площадь стенки, м^2 ;

$dT(t_v - t_n)$ - разность температур по обе стороны стенки, К ;

t_v - температура воздуха внутри шкафа, С ;

t_n - температура воздуха на улице, С ;

Q - тепловыделения в шкафу от установленного оборудования, Вт;

A_{Σ} - площадь стенок шкафа, соприкасающихся с наружным воздухом, м^2 .

Коэффициент теплопередачи K , считается по формуле (исходим из того, что стенка шкафа не многослойная, а однослойная):

$$K = 1 / (1/\alpha_n + \delta/\lambda + 1/\alpha_v) \quad (17)$$

где:

α_n - Коэффициент теплопередачи внутренней стенки, Вт/ $\text{м}^2 \times \text{К}$;

α_v - Коэффициент теплопередачи наружной стенки, Вт/ $\text{м}^2 \times \text{К}$;

δ - толщина стенки, м;

λ - коэффициент теплопроводности стенки в зависимости от материала, Вт/ $\text{м} \times \text{К}$;

теплопроводность стали $\lambda = 45 \dots 50$ Вт/ $\text{м} \times \text{К}$;

теплопроводность фольгированного пенофола $\lambda = 0,049$ Вт/ $\text{м} \times \text{К}$.

Коэффициенты теплопередачи α_n , α_v зависят от скорости движения воздуха возле поверхности стенки. Ориентируйтесь на эти данные:

а) неподвижный воздух = 8-9 Вт/ $\text{м}^2 \times \text{К}$ (α_v);

б) скорость воздуха 4 м/с = 23 Вт/ $\text{м}^2 \times \text{К}$ (α_n);

в) скорость воздуха 7 м/с = 35 Вт/ $\text{м}^2 \times \text{К}$.

Рассчитаем теплотери для металлического неутепленного стального корпуса и в случае применения в качестве утеплителя шкафа фольгированного пенофола толщиной 10 мм.

Сопротивление теплопередаче стали 2 мм равно:

$$K_c = 1/\alpha_n + \delta/\lambda_t + 1/\alpha_v = 1/23 + 0,002/50 + 1/8 = 0,17 \text{ Вт}/\text{м}^2 \times \text{С}$$

Сопротивление теплопередаче пенофола 10 мм без учета стали равно:

$$K_p = 1/\alpha_n + \delta/\lambda_t + 1/\alpha_v = 1/23 + 0,01/0,049 + 1/8 = 0,36 \text{ Вт}/\text{м}^2 \times \text{С}$$

Теплотери через стенки металлического шкафа:

$$Q_c = (t_v - t_n)/K \times A_{\Sigma} = (55/0,17) \times 5,5 = 1779 \text{ Вт (с учетом 302 Вт имеющихся)} = 1477 \text{ Вт}$$

Теплопотери через стенки утепленного шкафа:

$Q_{п}=(t_{в}-t_{н})/K * A_{э}=(55/0,36)*5,5=840$ Вт (с учетом 302 Вт имеющихся) = 538 Вт.

При $t_{в}$ = плюс 10 °С (температура внутри шкафа) и температуре наружного воздуха минус 45 °С теплопотери, которые необходимо компенсировать равны: $Q= 1500$ Вт для неутепленного и 500 Вт для утепленного соответственно.

На эту мощность и стоит подбирать электронагреватель. С запасом, мощности 0,5 кВт вполне хватает для утепленного шкафа для любых погодных условий.

Для выбранного изначально нагревателя 250 Вт допустимая минимальная температура: $Q_{п}=(t_{в}-t_{н})/K * A_{э}=(55/0,36)*5,5= 550=((10-X)/0,36)x5,5= - 26$ °С, что является недостаточным для климатического района эксплуатации.

В электрических щитах уличного исполнения, которые отличаются высокой герметичностью, где необходимо поддерживать более высокую температуру, требуется устанавливать нагреватели со встроенным вентилятором для принудительной циркуляции воздуха. Встроенные вентиляторы рекомендуется применять при мощности нагревателей от 250 Вт для повышения эффективности обогрева. Варианты: мини-термостат, термостат с фиксированной уставкой или термостат с переключающим контактом, гигростаты (электронные или механические) приборы, включающие в себя как термостат, так и гигростат.

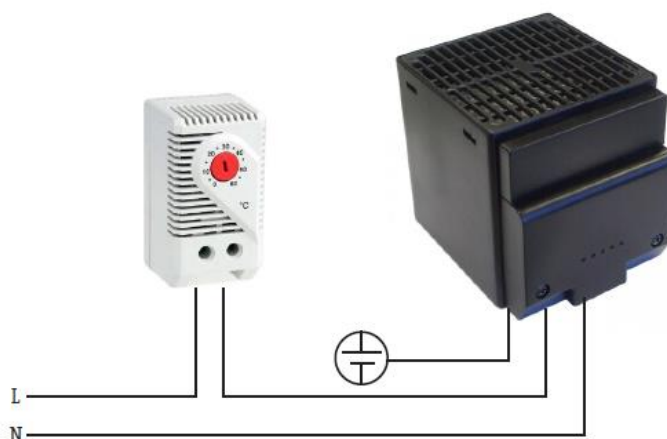


Рисунок 5 – Типовая схема включения системы обогрева

Теплопотери через стенки металлического шкафа (с) при температуре наружного воздуха плюс 40 °С составляют $Q_{с}=(t_{в}-t_{н})/K * A_{э}=(15/0,17)*5,5 = 485$ Вт. Теплопотери через стенки утепленного пенофолом шкафа (п) составляют $Q_{п}=(t_{в}-t_{н})/K * A_{э}=(15/0,36)*5,5= 229$ Вт.

При $t_{в}$ = + 25 °С (температура внутри шкафа) и температуре наружного воздуха плюс 40 °С теплопотери равны: $Q= 500$ Вт и 250 Вт соответственно. Собственное тепловыделение аппаратуры в шкафу составляет 302Вт, которое суммируем с теплопотерями через стенки шкафа.

На суммарную мощность и стоит подбирать вентилятор. С запасом, производительности 100м³/ч вполне хватит для утепленного шкафа. Типоразмер вентилятора 100 мм выбираем по диаграмме на рисунке 7 (мощность ~ 500 Вт, разница температур от 15 до 20 градусов).

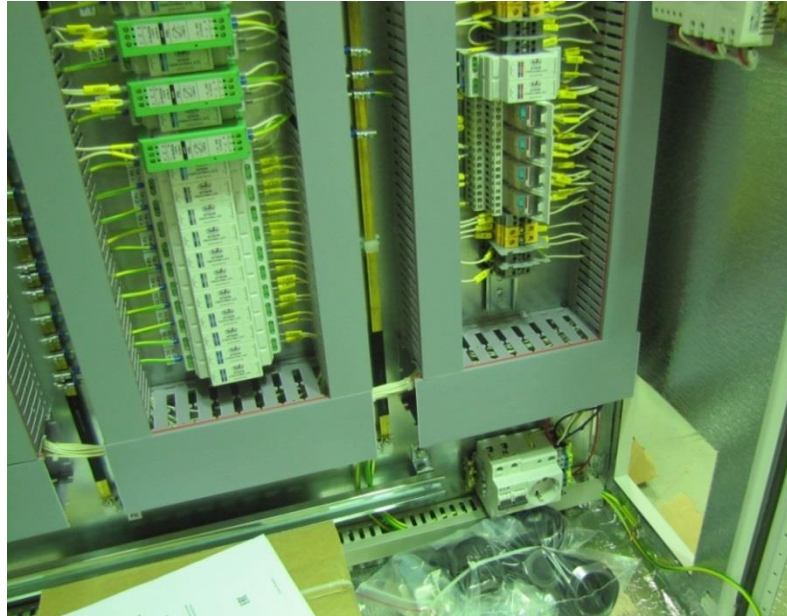


Рисунок 6 – Расположение вентиляционных отверстий в шкафу ЩЗИП

На верхней диаграмме представлено соотношение между производительностью вентилятора и количеством отводимого тепла. Продлив вертикальную прямую до нижней диаграммы получаем оптимальный типоразмер вентилятора.

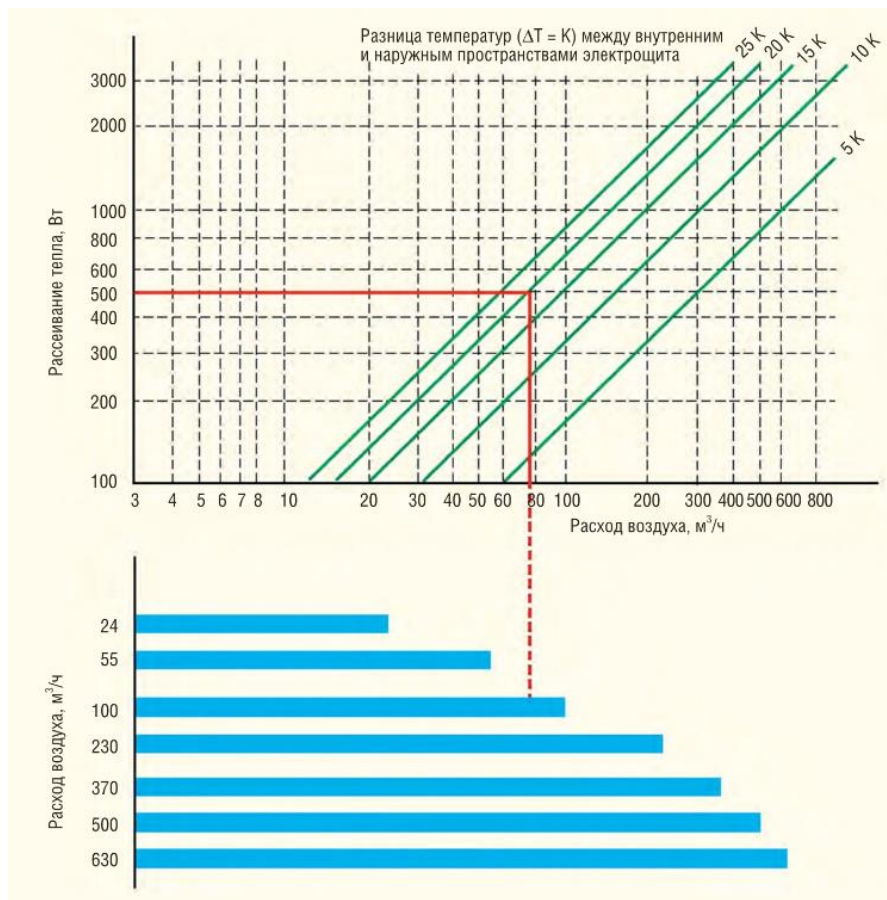


Рисунок 7 – Определения типоразмера для охладителя

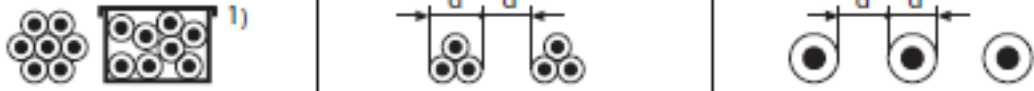
Для заказа ЩЗИП и расчетов параметров, рекомендуем обратиться к техническим специалистам инжинирингового центра, или самостоятельно заполнить опросный лист.

Дополнительные материалы доступны в разделе «информация» сайта «АО «Хакель Рос» <http://www.hakel.ru/>.

Источники:

1. *Технические условия ТУ 3434-001-79740390-2007 «Щитки защиты от импульсных перенапряжений низковольтные комплектные».*
2. *ГОСТ IEC 61643-11-2013 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные».*
3. *ГОСТ IEC 61643-21-2014 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений в системах телекоммуникации и сигнализации (информационных системах)».*
4. *ГОСТ Р 51321.1-2007 «Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Устройства, испытанные полностью или частично».*
5. *ГОСТ Р 50571-4-44-2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 4-44. Требования по обеспечению безопасности. Защита от отклонений напряжения и электромагнитных помех».*
6. *ГОСТ 15150-59 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».*
7. *ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011 «Устройства для защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения»*
8. *ГОСТ IEC 61439-1-2013 Устройства комплектные низковольтные распределения и управления. Часть 1. Общие требования.*
9. *МЭК 60890:1987 «Узлы низковольтной аппаратуры и механизмов управления, частично подвергшиеся типовым испытаниям. Методы оценки повышения температуры с помощью экстраполяции».*
10. *Компания ОВЕН Конфигуратор расчета микроклимата шкафов управления <http://www.owen.ru/catalog/68577860>*
11. *Журнал «Современная электроника» №6 за 2017.*

Приложение 1

Поперечное сечение (Сш)	Максимально допустимая температура проводника 70°C											
												
	Температура воздуха внутри оболочки вокруг проводников											
	35 °C		55 °C		35 °C		55 °C		35 °C		55 °C	
	рабочий ток	потери мощности ²⁾	рабочий ток	потери мощности ²⁾	рабочий ток	потери мощности ²⁾	рабочий ток	потери мощности ²⁾	рабочий ток	потери мощности ²⁾	рабочий ток	потери мощности ²⁾
мм ²	A	Вт/м	A	Вт/м	A	Вт/м	A	Вт/м	A	Вт/м	A	Вт/м
1,5	12	2,1	8	0,9	12	2,1	8	0,9	12	2,1	8	0,9
2,5	17	2,5	11	1,1	20	3,5	12	1,3	20	3,5	12	1,3
4	22	2,6	14	1,1	25	3,4	18	1,8	25	3,4	20	2,2
6	28	2,8	18	1,2	32	3,7	23	1,9	32	3,7	25	2,3
10	38	3,0	25	1,3	48	4,8	31	2,0	50	5,2	32	2,1
16	52	3,7	34	1,6	64	5,6	42	2,4	65	5,8	50	3,4
25					85	6,3	55	2,6	85	6,3	65	3,7
35					104	7,5	67	3,1	115	7,9	85	5,0
50					130	7,9	85	3,4	150	10,5	115	6,2
70					161	8,4	105	3,6	175	9,9	149	7,2
95					192	8,7	125	3,7	225	11,9	175	7,2
120					226	9,6	147	4,1	250	11,7	210	8,3
150					275	11,7	167	4,3	275	11,7	239	8,8
185					295	10,9	191	4,6	350	15,4	273	9,4
240					347	12,0	225	5,0	400	15,9	322	10,3
300					400	13,2	260	5,6	460	17,5	371	11,4

Проводники для дополнительных цепей					
					Диам.
0,12	2,6	1,2	1,7	0,5	0,4
0,14	2,9	1,3	1,9	0,6	-
0,20	3,2	1,1	2,1	0,5	-
0,22	3,6	1,3	2,3	0,5	0,5
0,30	4,4	1,4	2,9	0,6	0,6
0,34	4,7	1,4	3,1	0,6	0,6
0,50	6,4	1,8	4,2	0,8	0,8
0,56		1,6		0,7	-
0,75	8,2	1,9	5,4	0,8	1,0
1,00	9,3	1,8	6,1	0,8	-

1) Возможна любая требуемая компоновка, указанные значения относятся к шестижильному проводнику в многожильном пучке с одновременной нагрузкой 100%

2) длина одножильного проводника