

**СОГЛАСОВАНО:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

на электропрогрев бетона фундаментной плиты изолированным проводом

Объект:



**Разработал:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

г. Челябинск

2022 г.





Эти провода большего сечения, менее подвержены температурным нагрузкам. В качестве холодных концов используют отрезок кабеля АПВ 1х4 длиной 1 м. Кабель АПВ-4 соединяют с ПНСВ 1х1,2 скруткой с изоляцией. Места соединения нагревательного провода и холодного конца оставляют в теле конструкции.

При помощи кабеля АПВ-4 подключают нагревательные провода к секциям шинопроводов. Затем подключают кабелем марки КГтп 3х50 шинопровод к трансформатору ТСДЗ-80, и кабелем КГтп 3х25 выполняют подключение к питающей сети. Схема соединения нагревателей «треугольником» дана ниже.

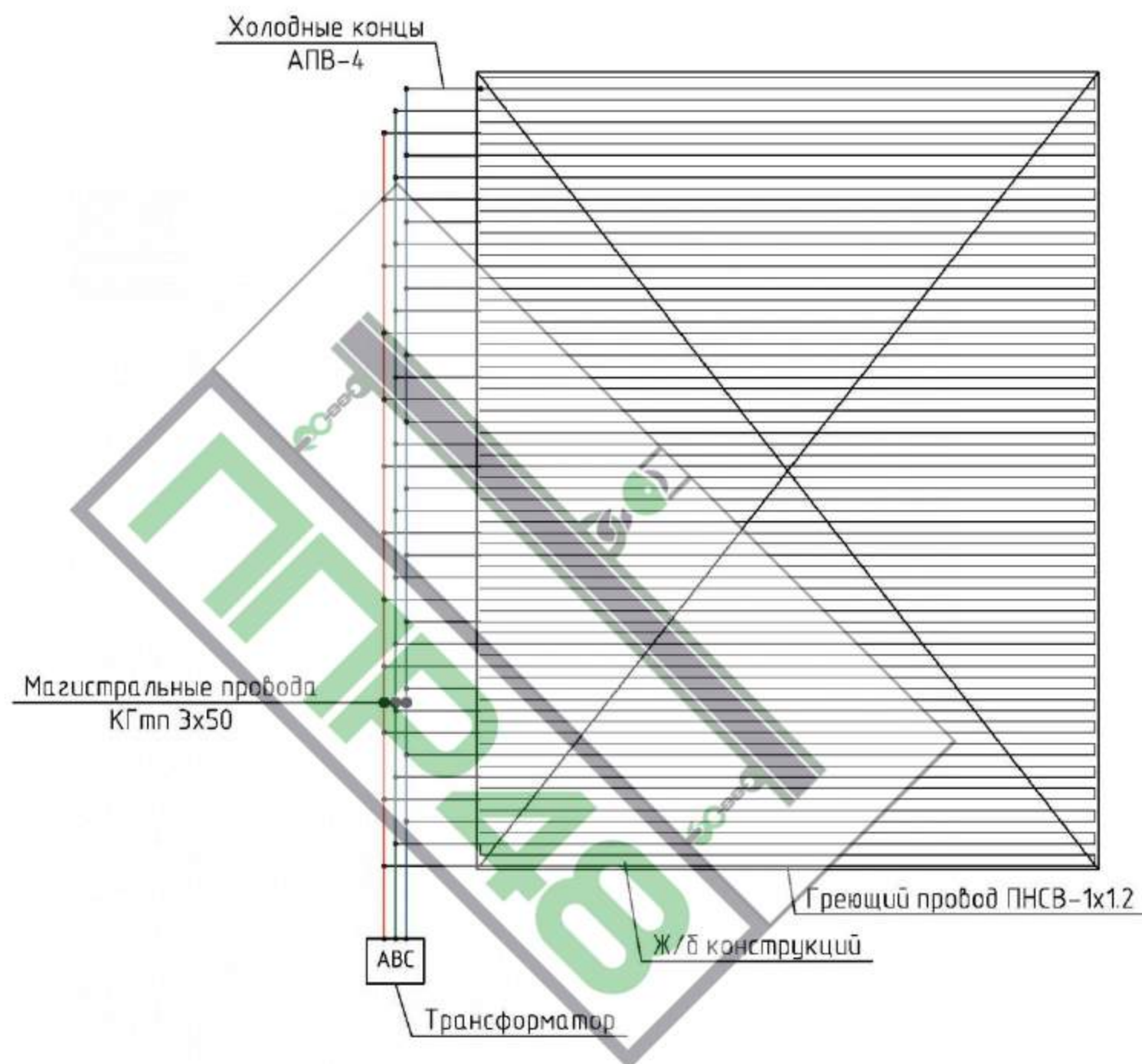


Рисунок - 1

После раскладки нагревательных проводов и подключения их к шинопроводу начинают укладку и электрообогрев бетонной смеси.

После бетонирования поверхность конструкций укрыть гидроизоляционным материалом (пологом из ПВХ или брезента) и уложить сверху минераловатные плиты толщиной 50 мм.

Подают напряжение на нагревательные провода. Подача напряжения разрешается после окончания бетонирования, укладки теплоизоляции и ухода людей за пределы ограждения. Перед подачей напряжения необходимо проверить правильность подключения, осмотреть контакты, кабели и провода. Во время обогрева бетона

						17-06-2021-ТК-01	Лист
							4
Изм.	Кол	Лист	Индок	Подпись	Дата		







Расчет электрической части режима прогрева бетона.

Рассчитаем требуемую мощность для подъема температуры:

$$P_{\text{под}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot \gamma_{\text{б}} \cdot \tau}{3600} + \frac{C_{\text{оп}} \cdot \gamma_{\text{оп}} \cdot \delta_{\text{оп}} \cdot M_{\text{п}} \cdot \tau}{3600 \cdot 2} + \frac{K \cdot M_{\text{п}} \cdot (t_{\text{б. ср}} - (t_{\text{нв}}))}{1000} - P_{\text{э}}$$
$$= \frac{1,05 \cdot 2400 \cdot 2}{3600} + \frac{2,3 \cdot 700 \cdot 0,018 \cdot 1,84 \cdot 2}{3600 \cdot 2} + \frac{2,2 \cdot 1,84 \cdot (25 - (-5))}{1000} - 0,8$$
$$= 0,736 \text{ кВт/м}^3$$

$C_{\text{б}}$  – удельная теплоемкость бетона;

$\gamma_{\text{б}}$  – плотность бетона;

$\tau$  – скорость подъема температуры;

$C_{\text{оп}}$  – удельная теплоемкость опалубки;

$\gamma_{\text{оп}}$  – плотность материала опалубки;

$\delta_{\text{оп}}$  – толщина опалубки;

$M_{\text{п}}$  – модуль поверхности;

$K$  – коэффициент теплопередачи опалубки;

$t_{\text{б. ср.}}$  – средняя температура подъема температуры;

$t_{\text{нв}}$  – температура наружного воздуха;

$P_{\text{э}}$  – удельная электрическая мощность, соответствующая интенсивности тепловыделения цемента.

Выполняем размещение греющих проводов в теле конструкции (на  $1 \text{ м}^3$ ). При толщине плиты в 0,6 м рассматриваемый единичный участок будет размером 1,3x1,3 м.

Шаг нагревательных проводов  $b$  принимаем 145 мм в нижней зоне и 150 мм в верхней зоне.

В этом случае, удельный расход провода составит:  $9 \cdot 1,3 + 8,5 \cdot 1,3 = 22,75 \text{ м/м}^3$ .

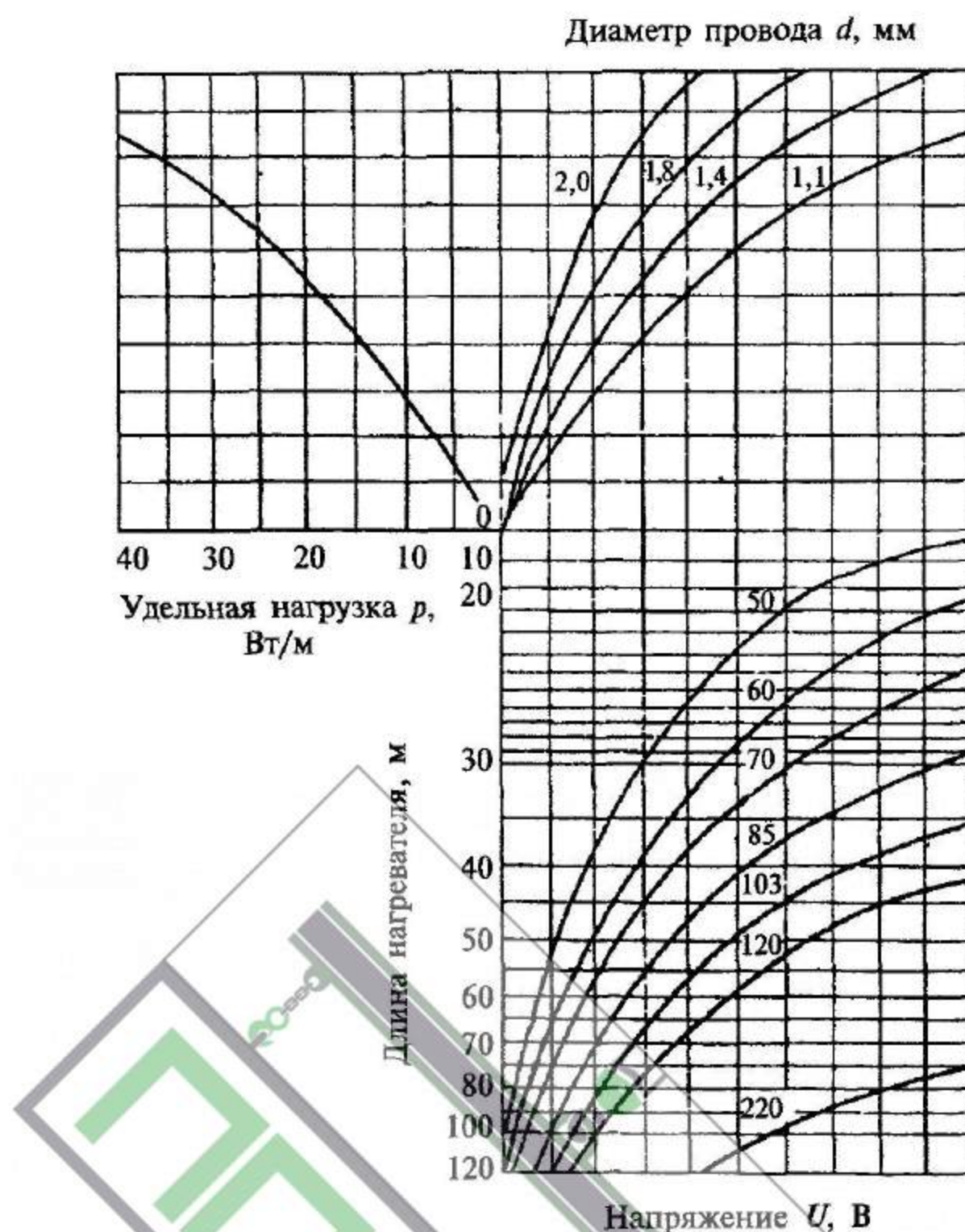
При оптимальной погонной нагрузке в 33 Вт/м в проводе определяем удельную мощность  $P_{\text{уд}}$ , кВт/м<sup>3</sup>

$$P_{\text{уд}} = 33 \cdot 22,75 / 1000 = 0,75 \text{ кВт/м}^3$$

Выбранная схема размещения проводов обеспечивает требуемую мощность для подъема температуры.

Определим длину единичного провода-нагревателя.

						17-06-2021-ТК-01	Лист
							8
Изм.	Кол	Лист	Ндок	Подпись	Дата		



**Рисунок 2 — Номограмма для определения длины нагревателей**

Рисунок - 4

Из точки на абсциссе удельной нагрузки  $\rho = 33$  Вт/м проводим ординату до точки пересечения с кривой, затем из этой точки по горизонтали находим точку пересечения с кривой  $d = 1,2$  мм. Опускаем перпендикуляр из этой точки на кривые рабочего напряжения  $U$ . Проекция точек пересечения на ординату длины нагревателя позволяют подобрать длину нагревателя. Наиболее близким значением является длина нагревателя 30 м при рабочем напряжении  $U = 75$  В.

Определяем *объем бетона*, который сможет разогреть один трансформатор при заданной скорости подъема температуры и напряжении

*по мощности:*

$$V_{6P} = \frac{80 \cdot 0,9 \cdot 1}{0,75} = 96 \text{ м}^3$$

*по силе тока:*

$$V_{6I} = \frac{600 \cdot 75}{1000 \cdot 0,75 \cdot 1} = 60 \text{ м}^3$$

Изм.	Кол	Лист	Индок	Подпись	Дата

17-06-2021-ТК-01



**Расчет параметров прогрева фундаментной плиты для температуры наружного воздуха от -10°C до -15 °С и скорости ветра не более 5 м/с.**

Термообработка бетона состоит из трех фаз: нагревание, изотермическое выдерживание при температуре нагрева и остывание.

Температура бетонной смеси, уложенной в опалубку: плюс 10 °С.

Температура изотермического выдерживания бетона: плюс 40 °С.

Температура на момент распалубки не должна превышать разницы с наружной температурой воздуха более 20 °С: плюс 5 °С.

Скорость подъема температуры: 2 °С/ч.

Скорость снижения температуры: 3 °С/ч.

*Расчет электрической части режима прогрева бетона.*

Рассчитаем *требуемую мощность для подъема температуры:*

$$P_{\text{под}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot \gamma_{\text{б}} \cdot \tau}{3600} + \frac{C_{\text{оп}} \cdot \gamma_{\text{оп}} \cdot \delta_{\text{оп}} \cdot M_{\text{п}} \cdot \tau}{3600 \cdot 2} + \frac{K \cdot M_{\text{п}} \cdot (t_{\text{б. ср}} - (t_{\text{нв}}))}{1000} - P_{\text{э}}$$
$$= \frac{1,05 \cdot 2400 \cdot 2}{3600} + \frac{2,3 \cdot 700 \cdot 0,018 \cdot 1,84 \cdot 2}{3600 \cdot 2} + \frac{2,2 \cdot 1,84 \cdot (25 - (-15))}{1000}$$
$$= 0,8 = 0,78 \text{ кВт/м}^3$$

Выполняем размещение греющих проводов в теле конструкции (на 1 м<sup>3</sup>). При толщине плиты в 0,6 м рассматриваемый единичный участок будет размером 1,3x1,3 м.

Шаг нагревательных проводов *b* принимаем 135 мм в нижней зоне и 145 мм в верхней зоне.

В этом случае, удельный расход провода составит: 9,5·1,3+9·1,3 = 24,05 м/м<sup>3</sup>.

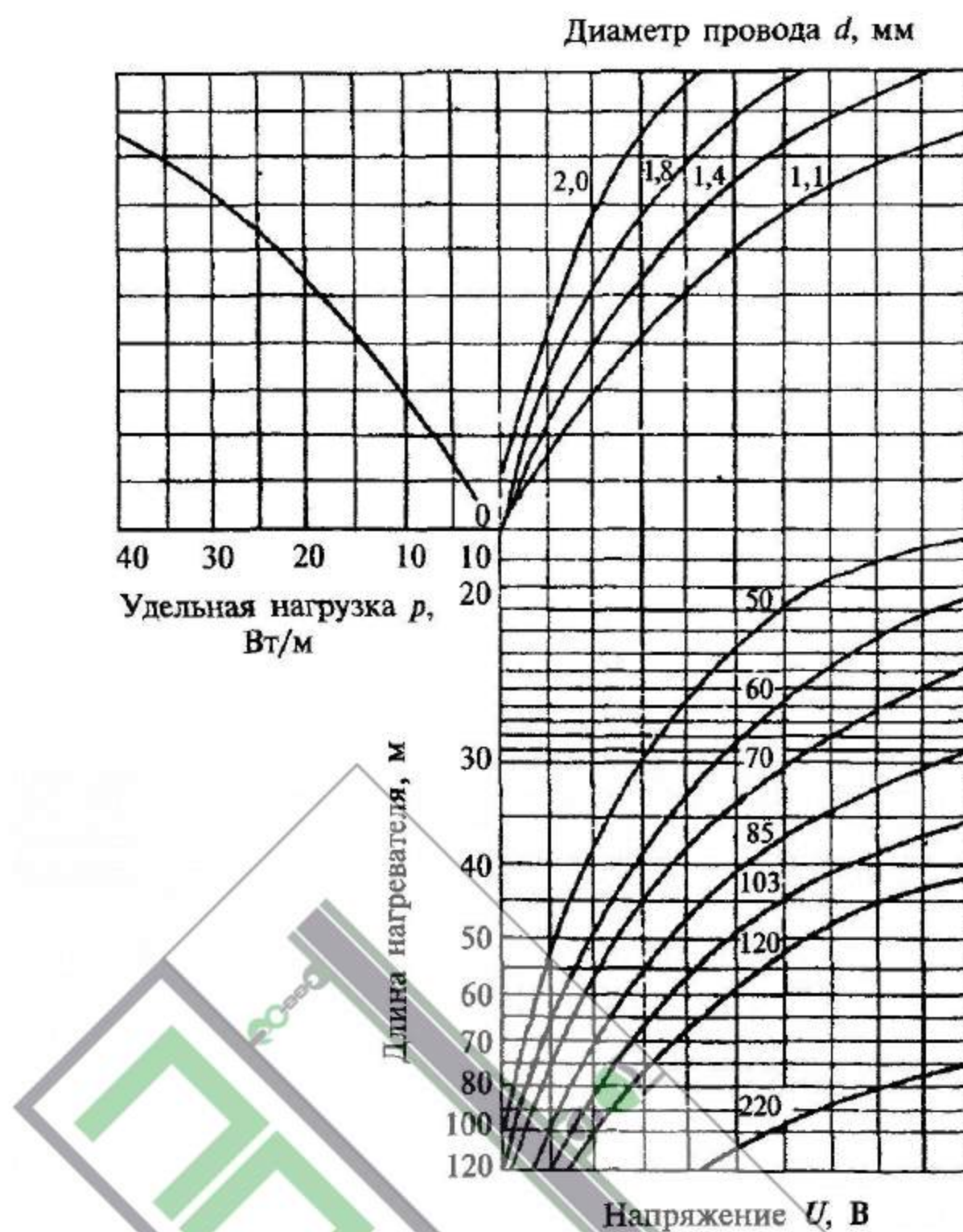
При оптимальной погонной нагрузке в 33 Вт/м в проводе определяем *удельную мощность P<sub>уд</sub>, кВт/м<sup>3</sup>*

$$P_{\text{уд}} = 33 \cdot 23,4/1000 = 0,79 \text{ кВт/м}^3$$

Выбранная схема размещения проводов обеспечивает требуемую мощность для подъема температуры.

Определим *длину единичного провода-нагревателя.*

						17-06-2021-ТК-01	Лист
							11
Изм.	Кол	Лист	Индок	Подпись	Дата		



**Рисунок 2 — Номограмма для определения длины нагревателей**

Рисунок - 4

Из точки на абсциссе удельной нагрузки  $\rho = 33$  Вт/м проводим ординату до точки пересечения с кривой, затем из этой точки по горизонтали находим точку пересечения с кривой  $d = 1,2$  мм. Опускаем перпендикуляр из этой точки на кривые рабочего напряжения  $U$ . Проекция точек пересечения на ординату длины нагревателя позволяют подобрать длину нагревателя. Наиболее близким значением является длина нагревателя 30 м при рабочем напряжении  $U = 75$  В.

Определяем *объем бетона*, который сможет разогреть один трансформатор при заданной скорости подъема температуры и напряжении

*по мощности:*

$$V_{6P} = \frac{80 \cdot 0,9 \cdot 1}{0,79} = 91,1 \text{ м}^3$$

*по силе тока:*

$$V_{6I} = \frac{600 \cdot 75}{1000 \cdot 0,79 \cdot 1} = 56,9 \text{ м}^3$$

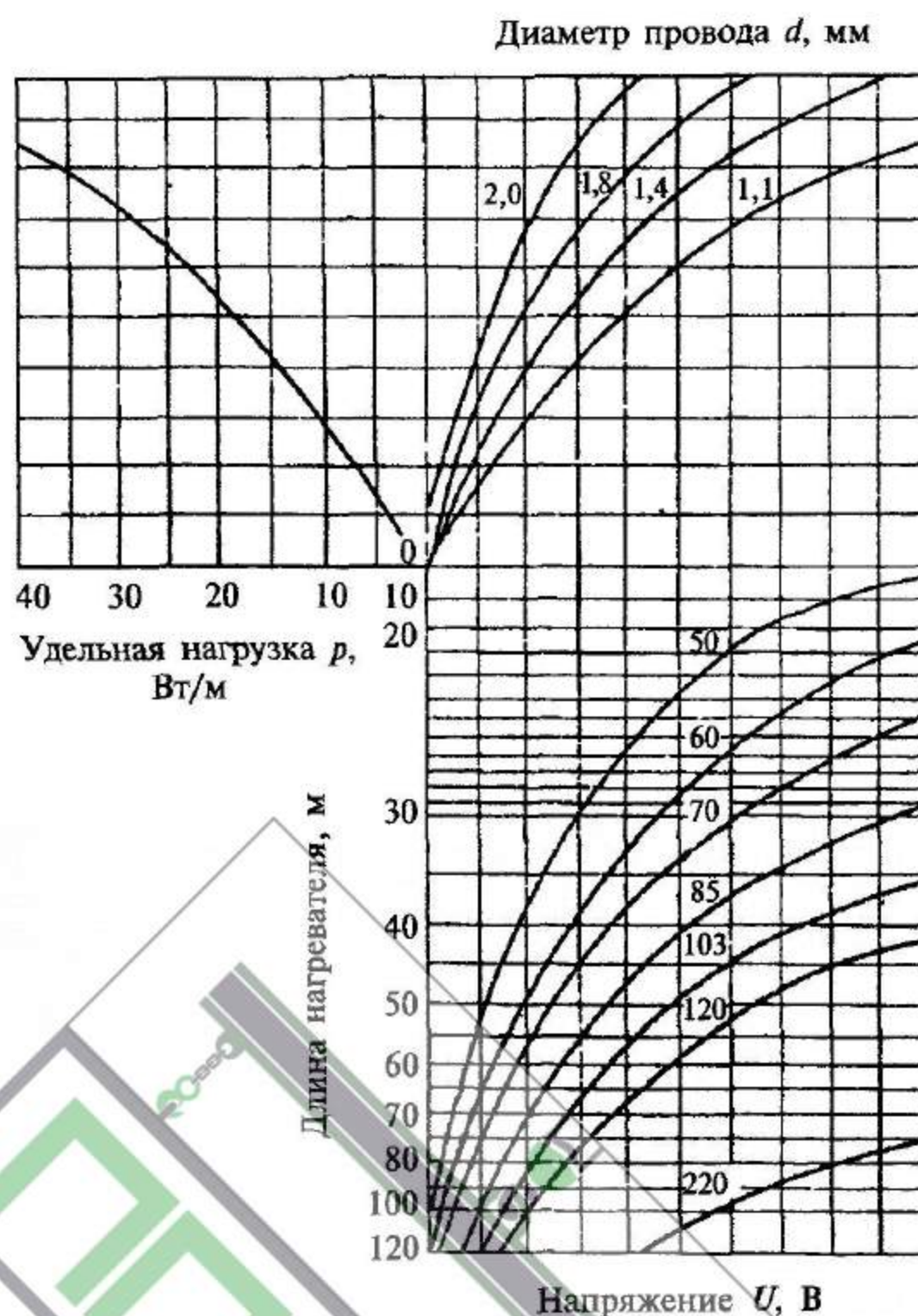
Изм.	Кол	Лист	Индок	Подпись	Дата
------	-----	------	-------	---------	------

17-06-2021-ТК-01

Лист  
12







**Рисунок 2 — Номограмма для определения длины нагревателей**

Рисунок - 4

Из точки на абсциссе удельной нагрузки  $p = 33$  Вт/м проводим ординату до точки пересечения с кривой, затем из этой точки по горизонтали находим точку пересечения с кривой  $d = 1,2$  мм. Опускаем перпендикуляр из этой точки на кривые рабочего напряжения  $U$ . Проекция точек пересечения на ординату длины нагревателя позволяют подобрать длину нагревателя. Наиболее близким значением является длина нагревателя 30 м при рабочем напряжении  $U = 75$  В.

Определяем *объем бетона*, который сможет разогреть один трансформатор при заданной скорости подъема температуры и напряжении

*по мощности:*

$$V_{6P} = \frac{80 \cdot 0,9 \cdot 1}{0,82} = 87,8 \text{ м}^3$$

*по силе тока:*

$$V_{6I} = \frac{600 \cdot 75}{1000 \cdot 0,82 \cdot 1} = 54,8 \text{ м}^3$$

Изм.	Кол	Лист	Индок	Подпись	Дата
------	-----	------	-------	---------	------

17-06-2021-ТК-01

Лист  
15







Смонтированные провода не должны пересекаться или прикасаться друг к другу.  
 Расстояние между проводами должно быть не менее 15 мм.

Таблица 6

Кто контролирует	Лицо ответственно за безопасное производство работ				
Операции, подлежащие контролю	Операции при входном контроле	Подготовительные операции	Операции по укладке бетона в конструкцию и электрообогреву		Операции при приемочном контроле
Состав контроля	Исправность нагревательных проводов Проверка изоляции проводов и работоспособности коммутационной аппаратуры, трансформаторов и др. электрооборудования, используемого в работе	Устройство защитного ограждения и световой сигнализации на участке работ Очистка основания опалубки, арматуры от снега, наледи, утепление конструкции	Укладка бетона в монолитную конструкцию	Контроль величины силы тока и напряжения питающей цепи Контроль температуры бетона	Контроль прочности бетона Проверка соответствия готовой монолитной конструкции требованиям проекта
Методы контроля	Визуально-инструментальная проверка		Визуально и по приборам		Визуально-инструментально
Время контроля	До начала бетонирования		До и после бетонирования	В процессе электрообогрева бетона	После электрообогрева
Кто привлекается к контролю	Энергетик строительной организации	Лицо, ответственное за безопасное производство работ	Лицо, ответственное за безопасное производство работ, электромонтер, лаборатория		Лаборатория, технадзор



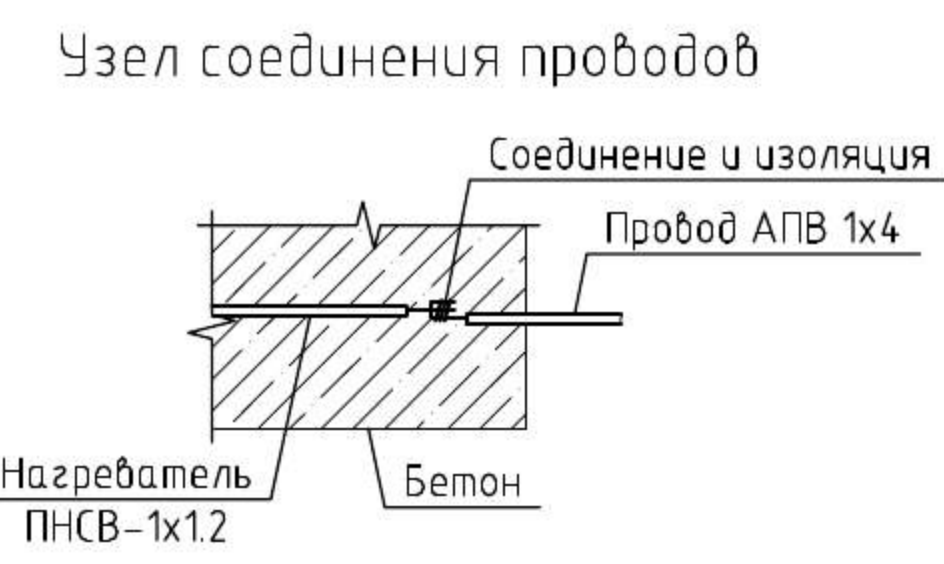
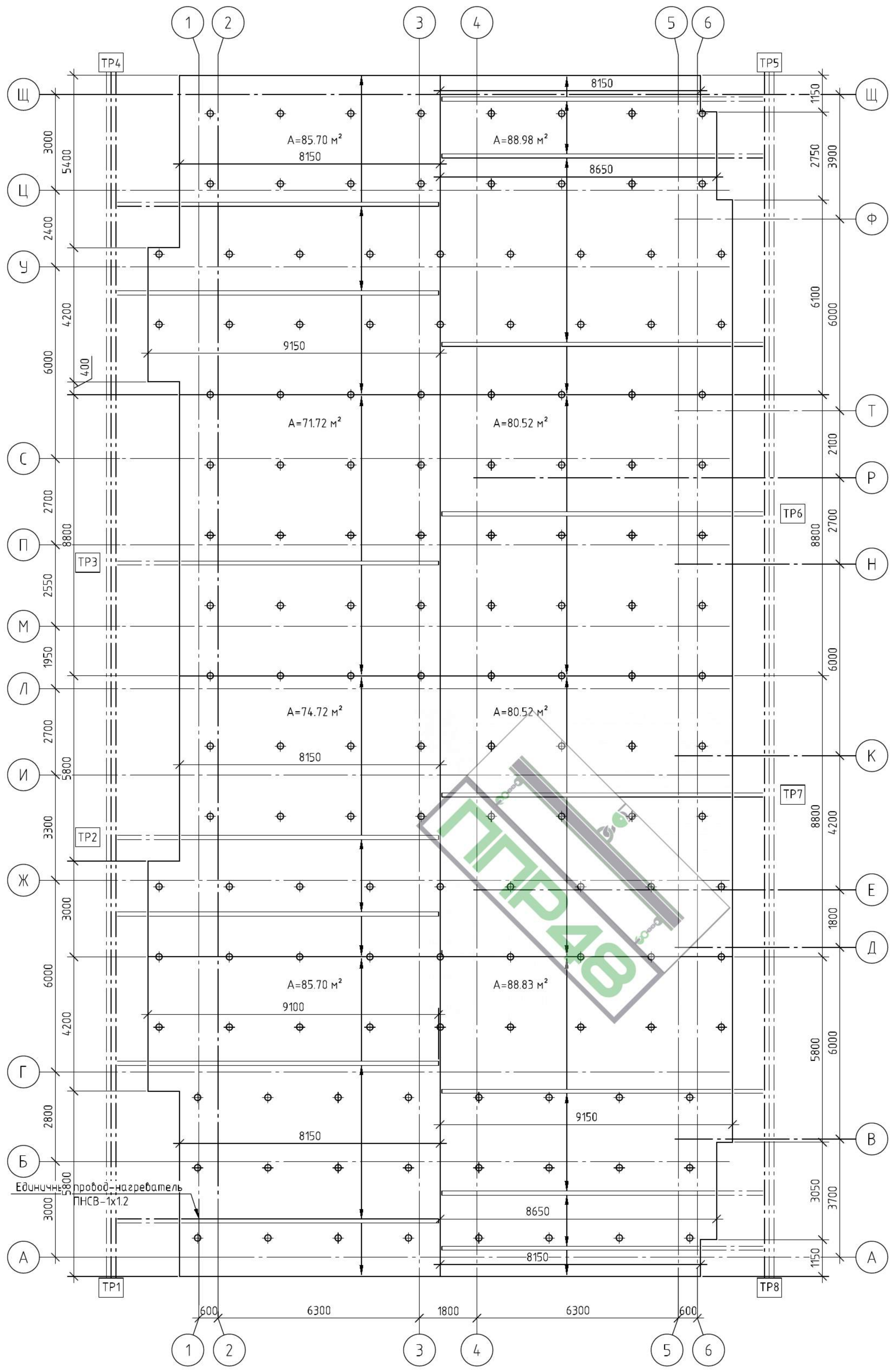








Схема расположения элементов системы электрообогрева  
фундаментной плиты



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- скважины для контроля температуры
- трансформатор

1. Бетонные работы выполнять согласно требованиям СП 70.13330.2012 п.5.11.
2. Режим электрообогрева - см. в текстовой части ТК.
3. Прочность бетона по окончании электрообогрева - 70% от R28.
4. Верхняя поверхность плиты должна быть проложена полиэтиленовой пленкой, утеплена минераловатными плитами толщиной 50 мм. Арматурные выпуски диаметром более 24 мм должны быть утеплены на всю высоту.
5. Положение шинопроводов и трансформаторов может быть изменено согласно условиям стройплощадки.

Согласовано	
Инф. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	

17-06-2021-ТК-01					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Многоквартирный жилой дом №2. 2-ая очередь.				Стадия	Лист
Технологическая карта на электрообогрев конструкций типового этажа					Листов