

Министерство образования Новосибирской области  
государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Новосибирской области  
«НОВОСИБИРСКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ:  
Заместитель директора по УР  
\_\_\_\_\_ С.В. Белина  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020\_\_

*Директор С.С. Лузан*

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ студентов

### **ОП.10 «Проектирование зданий и сооружений»**

#### **Раздел «Инженерные сети»**

по специальности СПО

09.02.05 Прикладная информатика (по отраслям)

*(базовый уровень)*

Новосибирск 2020 г.

Методические рекомендации разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 09.02.05 Прикладная информатика (по отраслям).

Организация-разработчик: ГБПОУ НСО «НОВОСИБИРСКИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Разработчик:  
Хадеева Н.А, преподаватель

Рассмотрено на заседании ПЦК информационных технологий и социально-правовых дисциплин  
Протокол № 1 от 01 сентября 2020 г.

Председатель ПЦК \_\_\_\_\_ О.Ю. Ануфриева

## Пояснительная записка

Выполнение практических работ имеет большое значение при изучении дисциплины «Инженерные сети». С помощью практических работ закрепляется теоретический материал, что дает возможность повторения изученного неоднократно.

**Цель проведения практических работ:** закрепить знания и умения, проверить освоенность компетенций, полученных в процессе изучения дисциплины.

Процесс изучения учебной дисциплины ОП.10 «Проектирование зданий и сооружений» (раздел «Инженерные сети») направлен на формирование следующих компетенций:

**– общие компетенции:**

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

**- профессиональные компетенции:**

ПК 1.2. Разрабатывать архитектурно-строительные чертежи с использованием информационных технологий.

ПК 4.2. Организовывать работу по технической эксплуатации зданий и сооружений.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- основные принципы организации и подготовки территории;
- принципиальные схемы инженерно-технических систем зданий и территорий (населенных пунктов);
- основы расчета водоснабжения и канализации;

- инженерное оборудование зданий

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- читать чертежи и схемы инженерных сетей и оборудования;
- ориентироваться по чертежам и схемам инженерных сетей на местности.

### **Критерии оценки**

**5 «отлично»** - работа выполнена без ошибок и вовремя;

**4 «хорошо»** - работа выполнена с недочетами или нарушены сроки сдачи работы;

**3 «удовлетворительно»** - работа выполнена с ошибками, нарушены сроки сдачи работы.

**2 «неудовлетворительно»** - в работе допущены грубые ошибки и нарушены сроки сдачи работы.

## **Практическая работа 1 «Расчет отопительных приборов»**



**Цель:** изучить правила расчета отопительного прибора (чугунного радиатора)

**Задание:** Определить число секций чугунного радиатора МС-140-98, установленного под окном (без ниши) в комнате на первом этаже двухэтажного жилого дома. Система отопления двухтрубная, водяная с нижним расположением подающих магистралей и насосной циркуляцией.

**Исходные данные:**

Расчетные температуры: в подающей магистрали на вводе  $t_{вх}=95^{\circ}\text{C}$ ,  
в обратной магистрали –  $t_{вых}=70^{\circ}\text{C}$ ,  
воздуха в помещении –  $t_{в}=20^{\circ}\text{C}$ .

Теплопотери помещения составляют  $Q=1737$  Вт.

**Решение**

Расчетная величина тепловой мощности отопительного прибора

$$Q_{\text{пр}} = Q \cdot 0,95,$$

$Q$  – теплопотери помещения, Вт;

0,95 – коэффициент, учитывающий теплоту, отдаваемую отопительными стояками и подводками.

Для определения необходимой поверхности нагрева, принятого к установке типа прибора, необходимо знать величину номинальной плотности теплового потока, т.е. количество теплоты, отводимое одним квадратным метром поверхности ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) прибора. Номинальные плотности тепловых потоков отопительных приборов ( $q_{\text{ном}}$ ) получены экспериментальным путем при стандартных условиях (температура воды на входе в прибор  $t_{\text{вх}} = 95^{\circ}\text{C}$ ; на выходе из него  $t_{\text{вых}} = 70^{\circ}\text{C}$ ; температура воздуха в помещении  $t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$ ; расход теплоносителя в приборе – 360 кг/ч; схема питания отопительного прибора сверху вниз; установка прибора без каких-либо ограждений) (см. приложение 1).

Расчетная плотность теплового потока отличается от номинальной плотности, так как фактические условия отличаются от стандартных.

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \cdot \left( \frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{\text{пр}}}{360} \right)^p,$$

где 70 – температурный напор при стандартных условиях  $\frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} - t_{\text{в}}$

$\Delta t_{\text{ср}}$  – то же, при условиях, отличных от стандартных;

360 – стандартный расход воды в приборе, кг/ч;

$G_{\text{пр}}$  – расход воды в приборе фактический, кг/ч;

$$G_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3600}{c \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}})}$$

$c$  – удельная массовая теплоемкость воды  $c = 4187 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$

$n, p$  – экспериментальные показатели (см. приложение 1).

Расчетная площадь отопительного прибора:

$$F_{np} = \left( \frac{Q_{np}}{q_{np}} \right) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \text{ м}^2,$$

где  $Q_{np}$  – расчетная величина тепловой мощности отопительного прибора;

$q_{np}$  – расчетная плотность теплового потока отопительного прибора;

$\beta_1$  – коэффициент, учитывающий понижение температуры воды в трубопроводах (см. приложение 1).

$\beta_2$  – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты участком стены, на котором установлен прибор (см. приложение 1).

Число секций чугунных радиаторов:

$$N = \frac{F_{np} \cdot \beta_4}{f \cdot \beta_3}$$

Где  $f$  – площадь поверхности нагрева одной секции,  $\text{м}^2$  (см. приложение 1).

$\beta_3$  – коэффициент, учитывающий влияние числа секций на условия теплопередачи в секционном чугунном радиаторе:

$$\beta_3 = 0.92 + \left( \frac{0.16}{F_{np}} \right)$$

$\beta_4$  – коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении

$\beta_4=1,0$  (открытая); 1,02 (открытая с подоконником); 1,12 (с полным укрытием)

## Приложение 1

Значение показателей  $n$  и  $p$ .

| Наименование типа прибора    | Схема присоединения прибора | Фактический расход воды через прибор, кг/ч | Показатели |       |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|------------|-------|
|                              |                             |                                            | $n$        | $p$   |
| Радиатор чугунный секционный | Снизу вниз                  | 54 – 534                                   | 0,3        | 0     |
|                              | Снизу вверх                 | 65 – 900                                   | 0,25       | 0,04  |
|                              | Сверху вниз                 | 119 – 900                                  | 0,15       | 0     |
| Стальная панель типа РСВ     | Сверху вниз                 | 22 – 288                                   | 0,3        | 0,025 |
|                              | Снизу вверх                 | 22 – 288                                   | 0,25       | 0,08  |
| Труба чугунная ребристая     | Любая                       | 36 – 900                                   | 0,25       | 0,07  |
| Конвектор «Аккорд»           | Любая                       | 36 – 900                                   | 0,2        | 0,03  |
| Конвектор «Комфорт-20»       | Любая                       | 90 – 900                                   | 0,35       | 0,07  |
| Конвектор «Универсал»        | Любая                       | 90 – 900                                   | 0,3        | 0,07  |

Коэффициент  $\beta_1$ , учитывающий остывание воды в трубах двухтрубной системы водяного отопления с насосной циркуляцией.

| Число этажей в здании | Расчетный этаж |   |   |   |   |
|-----------------------|----------------|---|---|---|---|
|                       | 1              | 2 | 3 | 4 | 5 |

|   |                             |      |      |      |     |
|---|-----------------------------|------|------|------|-----|
| 2 | Системы с верхней разводкой |      |      |      |     |
|   | 1,05                        | 1,0  | -    | -    | -   |
| 3 | 1,05                        | 1,03 | 1,0  | -    | -   |
| 2 | Системы с нижней разводкой  |      |      |      |     |
|   | 1,0                         | 1,05 | -    | -    | -   |
|   | 1,0                         | 1,0  | 1,05 | 2    | -   |
|   | 1,0                         | 1,0  | 1,05 | 1,1  | -   |
| 5 | 1,0                         | 1,0  | 1,05 | 1,05 | 1,1 |

### Значение коэффициента $\beta_2$

| Отопительный прибор   | Значение $\beta_2$ при установке отопительного прибора |                               |
|-----------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------|
|                       | у наружной стены, в т.ч. под стеновым проемом          | у остекления светового проема |
| Радиатор:             |                                                        |                               |
| • Чугунный секционный | 1,02                                                   | 1,07                          |
| • Стальной панельный  | 1,04                                                   | 1,1                           |
| Конвектор:            |                                                        |                               |
| • С кожухом           | 1,02                                                   | 1,05                          |
| • Без кожуха          | 1,03                                                   | 1,07                          |

### Технические характеристики радиаторов

| Модель                           | Размеры секций, мм |               |                  |        | Площадь поверхности нагрева $f$ , м <sup>2</sup> | Масса секции, кг | Тепловой поток номинальный, Вт | Плотность теплового потока номинальная, Вт/м <sup>2</sup> |
|----------------------------------|--------------------|---------------|------------------|--------|--------------------------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                  | Глубина            | Полная высота | Монтажная высота | Ширина |                                                  |                  |                                |                                                           |
| Чугунные:                        |                    |               |                  |        |                                                  |                  |                                |                                                           |
| МС-140-98                        | 140                | 588           | 500              | 98     | 0,24                                             | 7,4              | 174                            | 725                                                       |
| М-140-А                          | 140                | 582           | 500              | 96     | 0,25                                             | 7,8              | 164                            | 656                                                       |
| М-140-АО                         | 140                | 582           | 500              | 96     | 0,299                                            | 8,45             | 178                            | 595                                                       |
| М-90                             | 90                 | 582           | 500              | 96     | 0,2                                              | 6,15             | 140                            | 700                                                       |
| Стальные панельные штампованные: |                    |               |                  |        |                                                  |                  |                                |                                                           |
| РСВ 1-1                          | 21                 | 580           | 500              | 538    | 0,71                                             | 7,8              | 504                            | 709                                                       |
| РСВ 1-2                          | 21                 | 580           | 500              | 724    | 0,95                                             | 10,3             | 676                            | 712                                                       |
| РСВ 1-3                          | 21                 | 580           | 500              | 910    | 1,19                                             | 12,8             | 850                            | 714                                                       |
| РСВ 1-4                          | 21                 | 580           | 500              | 1096   | 1,44                                             | 15,3             | 1025                           | 712                                                       |
| 2РСВ 1-1                         | 70                 | 600           | 500              | 538    | 1,42                                             | 15,7             | 873                            | 615                                                       |

## Практическая работа 2

### «Определение расчетных суточных расходов воды»

**Цель:** изучить методику расчета суточных расходов воды на нужды населенного пункта

**Задание:** Решить задачу на определение суточных расходов воды на нужды населенного пункта, определить расчетные секундные расходы воды

**Исходные данные:**

Населенный пункт численностью  $N_{ж} = 500\,000$  человек,

$q_{ж} = 300$  л/чел для централизованного водоснабжения

$K(сут.мах)=1,1$

$q_{пол}=0,05 м^3/сут на 1 жителя$

$t_{в} = 16$  часов

$q_{б} = 0,36 м^3/сут$  на 1 посетителя

$n_{пр} = 2$

$q_{пр} = 0,075 м^3/сут$  на 1 кг сухого белья

$n_{пс}=2$  смены  $n_{сп}=2$  смены

$q_{тех} = 0,16 м^3$

$N_{хол}^{пп} = 500$  человек

$N_{гор}^{пп} = 800$  человек

$N_{итр}^{пп} = 250$  человек

$q_{хол} = 25$  л/см

$q_{гор} = 45$  л/см

$q_{итр} = 25$  л/см

$N_{душ} = 25$  штук

$\alpha_{мах} = 1,2$

$\beta_{мах} = 1.05$

**Порядок расчета**

**1.1. Суточные расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды населения**

Средний суточный расход воды  $Q_{сут.ср}^{ж}$  на хозяйственно-питьевые нужды населения,  $м^3/сут$ :

$$Q_{сут.ср}^{ж} = \frac{q_{ж} \cdot N_{ж}}{1000}, \quad (1)$$

где:  $q_{ж}$  — норма водопотребления на одного жителя, л/сут; принимается по заданию; 300 л/чел.·сут. — для централизованного  
 $N_{ж}$  — расчетное число жителей в населенном пункте, чел; принимается по заданию.

Максимальный суточный расход воды  $Q_{сут, макс}^{ж}$  на хозяйственно-питьевые нужды населения, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{сут, макс}^{ж} = K_{сут, макс} \cdot Q_{сут, ср}^{ж}, \quad (2)$$

где:  $K_{сут, макс}$  — коэффициент суточной неравномерности водопотребления, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели; принимается равным  $K_{сут, макс} = 1,1$

## 1.2. Суточный расход воды на поливку улиц и зеленых насаждений

В населенных пунктах часть воды расходуется на поливку улиц и зеленых насаждений. Продолжительность поливки территории принимается 6 часов (3 часа рано утром и 3 часа вечером).

Максимальный суточный расход воды  $Q_{сут, макс}^{нал}$  на поливку улиц и зеленых насаждений составит, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{сут, макс}^{нал} = q_{нал} \cdot N_{ж}, \quad (3)$$

где:  $q_{нал}$  — норма расхода воды на поливку улиц и зеленых насаждений в расчете на одного жителя.]  $q_{нал} = 0,05$  м<sup>3</sup>/сут на 1 жителя.

## 1.3. Суточный расход воды на нужды банно-прачечного комбината

Для определения суточного расхода воды на нужды банно-прачечного комбината (БПК) отдельно вычисляются расходы воды на нужды бани и прачечной.

Суточный расход воды  $Q_{сут}^б$  баней составит, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{сут}^б = \frac{N_{ж} \cdot 5 \cdot t_6 \cdot q_6}{1000}, \quad (4)$$

где: 5 — число мест в бане на помывку 1000 жителей за час;

$t_6$  — продолжительность работы бани в сутки; при двухсменной работе  $t_6 = 16$  ч;

$q_6$  — норма расхода воды для бань; принимается для мытья в душевых кабинах равной  $q_6 = 0,36$  м<sup>3</sup>/сут на 1 посетителя.

Суточный расход воды  $Q_{сут}^{пр}$  прачечной составит, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{сут}^{пр} = \frac{N_{ж} \cdot 100 \cdot n_{пр} \cdot q_{пр}}{1000}, \quad (5)$$

где: 100 — количество белья, подлежащего стирке в смену на 1000 жителей, кг;

$n_{np}$  – число смен работы прачечной в сутки; принимается  $n_{np} = 2$ ;  
 $q_{np}$  – норма расхода воды для прачечных; принимается для механизированных прачечных равной  $q_{np} = 0,075 \text{ м}^3/\text{сут}$  на 1 кг сухого белья.

Таким образом, суточный расход воды на нужды банно-прачечного комбината составит,  $\text{м}^3/\text{сут}$ :

$$Q_{\text{сут}}^{\text{бпк}} = Q_{\text{сут}}^{\text{б}} + Q_{\text{сут}}^{\text{пр}}. \quad (6)$$

#### 1.4. Суточный расход воды на нужды промышленного предприятия

Суточный расход воды промпредприятием складывается из расхода воды на технологические, хозяйственно-питьевые и душевые нужды.

Суточный расход воды  $Q_{\text{тех}}^{\text{ПП}}$  на технологические нужды промышленного предприятия (ПП),  $\text{м}^3/\text{сут}$ :

$$Q_{\text{тех}}^{\text{ПП}} = n_{\text{см}}^{\text{ПП}} \cdot q_{\text{тех}}, \quad (7)$$

где:  $n_{\text{см}}^{\text{ПП}}$  – число смен работы ПП в сутки, принимается по заданию; 2 смены

$q_{\text{тех}}$  – расход воды на технологические нужды ПП в смену,  $\text{м}^3/\text{см}$ ; принимается  $0,16 \text{ м}^3$ .

Суточный расход воды  $Q_{\text{х-п}}^{\text{ПП}}$  на хозяйственно-питьевые нужды работающих на промышленном предприятии,  $\text{м}^3/\text{сут}$ :

$$Q_{\text{х-п}}^{\text{ПП}} = \frac{N_{\text{хол}}^{\text{ПП}} \cdot q_{\text{хол}} + N_{\text{гор}}^{\text{ПП}} \cdot q_{\text{гор}} + N_{\text{итр}}^{\text{ПП}} \cdot q_{\text{итр}}}{1000} \cdot n_{\text{см}}^{\text{ПП}}, \quad (8)$$

где:  $N_{\text{хол}}^{\text{ПП}}, N_{\text{гор}}^{\text{ПП}}, N_{\text{итр}}^{\text{ПП}}$  – число работающих соответственно в холодных, горячих цехах и ИТР в смену, чел;

$q_{\text{хол}}, q_{\text{гор}}, q_{\text{итр}}$  – норма расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды ПП в смену, л/см на 1 работающего; принимается согласно [2] равной:

- для холодных цехов – 25 л/см;
- для горячих цехов – 45 л/см;
- для ИТР – 25 л/см.

Суточный расход воды  $Q_{\text{душ}}^{\text{ПП}}$  на душевые нужды промышленного предприятия (ПП),  $\text{м}^3/\text{сут}$ :

$$Q_{\text{душ}}^{\text{ПП}} = 0,375 \cdot N_{\text{душ}} \cdot n_{\text{см}}^{\text{ПП}}, \quad (9)$$

где: 0,375 – норма расхода воды в  $\text{м}^3$  на одну сетку в групповых душевых с учетом ее работы в течение 45 минут после каждой смены;

$N_{\text{душ}}$  – количество душевых сеток в групповых душевых, шт.

Таким образом, суточный расход воды на нужды промпредприятия составит, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{сут}^{ПП} = Q_{тех}^{ПП} + Q_{ж-л}^{ПП} + Q_{душ}^{ПП} = \quad (10)$$

### 1.5. Общий суточный расход воды на нужды населенного пункта

Максимальный суточный расход воды на нужды потребителей всего населенного пункта составит, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{сут}^{общ} = Q_{сут,тех}^{жс} + Q_{сут,тех}^{нап} + Q_{сут}^{бик} + Q_{сут}^{ПП} \quad (11)$$

Расходы воды на нужды населения и поливку территории улиц и зеленых насаждений являются *равномерно распределенными расходами* по всей длине водопроводной сети населенного пункта. Расходы воды крупными потребителями: банно-прачечным комбинатом, промышленным предприятием - являются *сосредоточенными расходами*. При этом суточные расходы воды крупными потребителями являются также их максимальными суточными расходами.

### 1.6. Определение расчетных секундных расходов воды

Для расчета водопроводной сети населенного пункта необходимо определить *секундные расходы воды* в сутки максимального водопотребления. При этом следует учитывать, что одни объекты потребляют воду круглосуточно, т.е. 24 часа, а другие – только часть суток, что связано в основном со сменностью работы предприятия.

Максимальный часовой расход  $q_{ч,мах}$  воды для каждого потребителя определяется по формуле, м<sup>3</sup>/ч:

$$q_{ч,мах} = \frac{K_{ч,мах} \cdot Q_{сут,мах}}{T}, \quad (12)$$

где:  $K_{ч,мах}$  – коэффициент часовой неравномерности водопотребления, учитывающий колебания расходов воды в течение суток; принимается по табл. 1 указаний; для промышленного предприятия  $K_{ч,мах}^{ПП}$  определяется по заданию; для населения  $K_{ч,мах}$  определяется по формуле:

$$K_{ч,мах} = \alpha_{мах} \cdot \beta_{мах}, \quad (13)$$

Таблица 1

Определение расчетных расходов воды

| Потребители      | Максимальный суточный расход воды<br>$Q_{сут.мах}$ , м <sup>3</sup> /сут | Коэффициент часовой неравномерности<br>$K_{ч.мах}$ | Продолжительность водопотребления в сутки $T$ , ч | Максимальный часовой расход воды<br>$q_{ч.мах}$ , м <sup>3</sup> /ч | Максимальный секундный расход воды<br>$q_{с.мах}$ , л/с |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1                | 2                                                                        | 3                                                  | 4                                                 | 5                                                                   | 6                                                       |
| Население        |                                                                          | По формуле (13)                                    | 24                                                |                                                                     |                                                         |
| Полив территории |                                                                          |                                                    | 6                                                 |                                                                     |                                                         |
| БПК              |                                                                          |                                                    | 16                                                |                                                                     |                                                         |
| ПП               |                                                                          |                                                    |                                                   |                                                                     |                                                         |
| Итого            | $\sum Q = Q_{сут.} =$                                                    |                                                    |                                                   |                                                                     | $\sum q = q_{в.с.} =$                                   |

$\alpha_{мах}$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия; рекомендуется принимать  $\alpha_{мах} = 1,2$ ;

$\beta_{мах}$  – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте; принимается 1,05;

$T$  – продолжительность потребления воды объектом в течение суток, ч; принимается согласно табл.1.; продолжительность водопотребления для ПП определяется по заданию с учетом количества смен работы ПП:

$$T^{ПП} = n_{см} \cdot 8 .$$

Максимальные секундные расходы воды каждым потребителем, л/с:

$$q_{смах} = \frac{q_{чмах} \cdot 1000}{3600} = \frac{q_{чмах}}{3,6} . \quad (14)$$

Расчеты максимальных часовых и секундных расходов воды различными потребителями сводятся в таблицу 1 с точностью до 0,1 м<sup>3</sup>/ч и л/с.



## **Практическая работа 3**

### **«Гидравлический расчет системы внутреннего водоснабжения»**

#### **Цель:**

- научиться разбивать схему водоснабжения на расчетные участки и определять число санитарно-технических приборов на каждом участке;
- научиться определять расход холодной воды на каждом участке и, в зависимости от него, подбирать диаметры трубопроводов, находить скорость и потери напора по длине на каждом участке;
- научиться определять общие потери напора для системы в целом.

**Задание:** Определить расходы воды по участкам сети внутреннего холодного водопровода, определить диаметры и скорость движения жидкости, потерь напора в сети, складывающиеся из потерь напора по длине и потерь напора на местные сопротивления.

#### **Исходные данные:**

Общее число потребителей в системе водопровода  $U = 160$  человек (80 квартира по 2 человека в каждой)

Общее число приборов  $N = 240$  шт (в каждой квартире по 3 санитарных прибора: мойка, унитаз и ванная)

В доме 4 стояка, по 20 квартир на каждом

Число потребителей на один стояк:  $20 \cdot 2 = 40$  человек

Число приборов на один стояк:  $20 \cdot 3 = 60$  штук

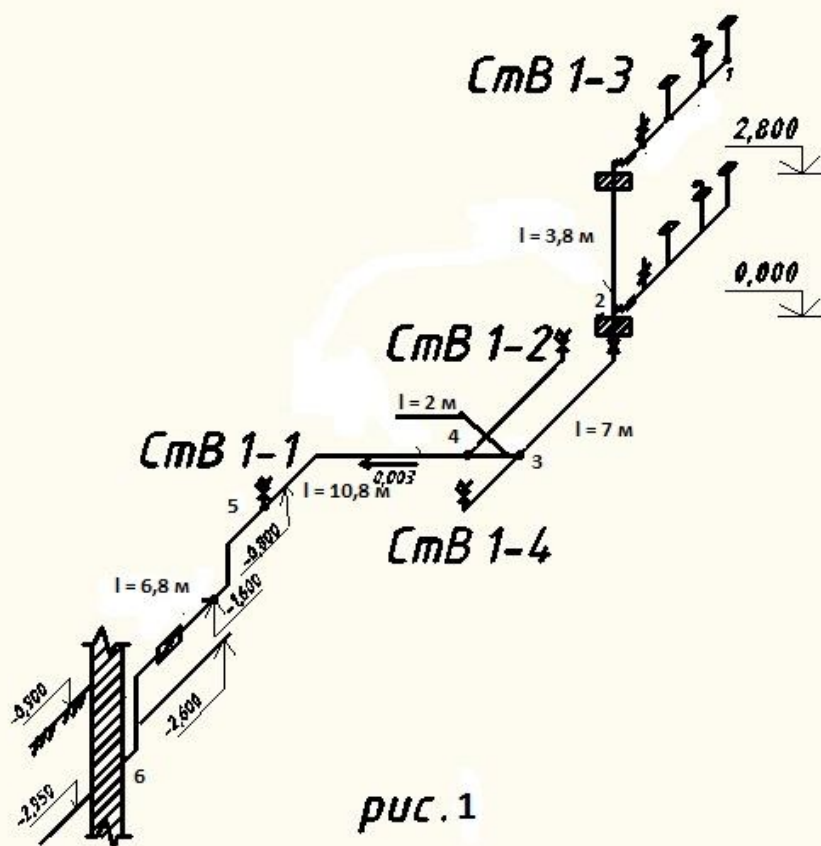
Расход воды одним прибором с максимальным водопотреблением  $q_0 = 0,2$  л/с

Норма расхода воды максимального водопотребления  $q_{\text{нгу}} = 8,1$  л/ч

#### **Последовательность гидравлического расчёта:**

**1. Изучается аксонометрическая схема системы внутреннего холодного водоснабжения. (см рисунок 1).**

## АКСОНОМЕТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ХОЛОДНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ



Длина участка 1-2 составляет 3,8 м

Длина участка 2-3 составляет 7 м

Длина участка 3-4 составляет 2 м

Длина участка 4-5 составляет 10,8 м

Длина участка 5-6 составляет 6,8 м

**На аксонометрической схеме показывают:**

1. Ввод с указанием диаметра и отметки оси трубопровода.
2. Водомерный узел.
3. Магистральный трубопровод, размер которого снимается с плана подвала.
4. Разводящие магистральные трубопроводы, идущие к стоякам чертятся под углом  $45^\circ$  к горизонтальной линии, их размеры также снимаются с плана подвала.
5. Вычерчиваются стояки в виде вертикальных линий, высота их высчитывается в зависимости от высоты этажа, этажности и принятой схемы водоснабжения.
6. Стояки вычерчиваются с подводными трубопроводами по этажам.

7. На схеме показывается запорная арматура (у основания стояков, на поквартирной разводке), водоразборная арматура, квартирный водосчетчик.

8. Расстояние от пола до:

- смесителя моек и раковин - 850 мм;
- смесителя умывальников - 800 мм;
- смывного бачка - 600 мм;
- смесителя ванны - 800 мм;
- смесителя общего для ванн и умывальников - 1100 мм;
- смесителя душа - 1200 мм.

9. На аксонометрической схеме указываются отметки этажей, уклон и диаметр магистрального трубопровода, обозначаются стояки с указанием их диаметров.

**2. Определяется расчётная линия сети (см. рис. 1).** Эта линия разбивается на участки, которые нумеруют против движения воды, в местах ответвлений труб от расчётной линии, то есть там, где происходит изменение расхода воды из-за разделения потоков. Тогда при таком разбиении на каждом расчётом участке между двумя соседними точками-ответвлениями по трубе протекает постоянный расход воды. Последний номер проставляют в узле подключения ввода водопровода к наружной сети.

**3. Гидравлический расчёт холодного водопровода выполняют в табличной форме. (см.табл.1).**

[illegible]

**Заполнение данной таблицы производится следующим образом:**

Графа № 1 - указывается нумерация расчётных участков.

Графа № 2 - записываются длины расчётных участков в метрах.

Графа № 3 - указывается общее количество санитарно - технических приборов на расчётном участке.

Графа № 4 - указывается расход одним санитарно - техническим прибором, величина которого определяется по заданию

Графа № 5 - записывается вероятность действия приборов

$$P^c = \frac{q_{hvu} * U}{3600 * q_n * N}$$

где  $q_0^c$  – секундный расход холодной воды санитарно-техническим прибором, л/с, принимается по заданию

U – число жителей (потребителей), чел; принимается по заданию

N – число приборов на холодном водопроводе; принимается по заданию

$q_{hvu}$  - норма расхода холодной воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/ч, принимается по заданию

Графа № 6 - графу №3 умножаем на графу №5

Графа № 7 - величина, определяемая для каждого расчетного участка по приложению 1, в зависимости от  $N \cdot P^c$ .

Графа № 8 - рассчитывается максимальный секундный расход на каждом расчётном участке.

Графа № 9 - подбирается диаметр трубопровода с учётом скорости и потерь напора на один погонный метр трубопровода. Диаметр определяется по таблицам ВНИИ ВодГЕО (приложение 1).

Графа № 10 - записывается скорость воды в трубопроводе на данном расчётном участке. **Скорость не должна превышать 3 м/с.**

Графа № 11 - по таблицам ВНИИ ВодГЕО определяются потери напора на 1 погонный метр. **Подбирать диаметр следует так, чтобы потери напора были как можно меньше при соответствующей скорости.**

Графа № 12 - определяются потери напора по длине на каждом расчетном участке.

Под графой 12 суммируют все значения потерь напора по длине и записывают

$$\sum h_l =$$

## Практическая работа 4

### «Гидравлический расчет внутридомовой канализационной сети»

**Цель:** научиться производить расчет расходов бытовых сточных вод; подобрать диаметры внутренних канализационных стояков

**Задание:** Решить задачу по определению расходов бытовых сточных вод и подбора диаметров канализационных стояков

#### Исходные данные

4 стояка канализации

Количество приборов на стояке  $N = 8$  штук (в каждой квартире 2 раковины, ванная и унитаз)

Количество жителей на стояке  $N = 6$  человек (по 3 человек на квартиру)

$$q_{s0} = 0,15 \text{ л/с}$$

$$q_0 = 0,3 \text{ л/с}$$

$$q_{\text{нгу}} = 8,1 \text{ л/с}$$

Для проверки пропускной способности стояков определяются максимальные секундные расходы сточных вод и сравниваются со значениями в табл. 8 СНиП 2.04.01-85\*. При этом подбираются диаметры труб и угол присоединения отводных труб к стояку. Все расчёты сводятся в табличную форму (таблица 1)

**Таблица 8 СНиП 2.04.01- 85\***

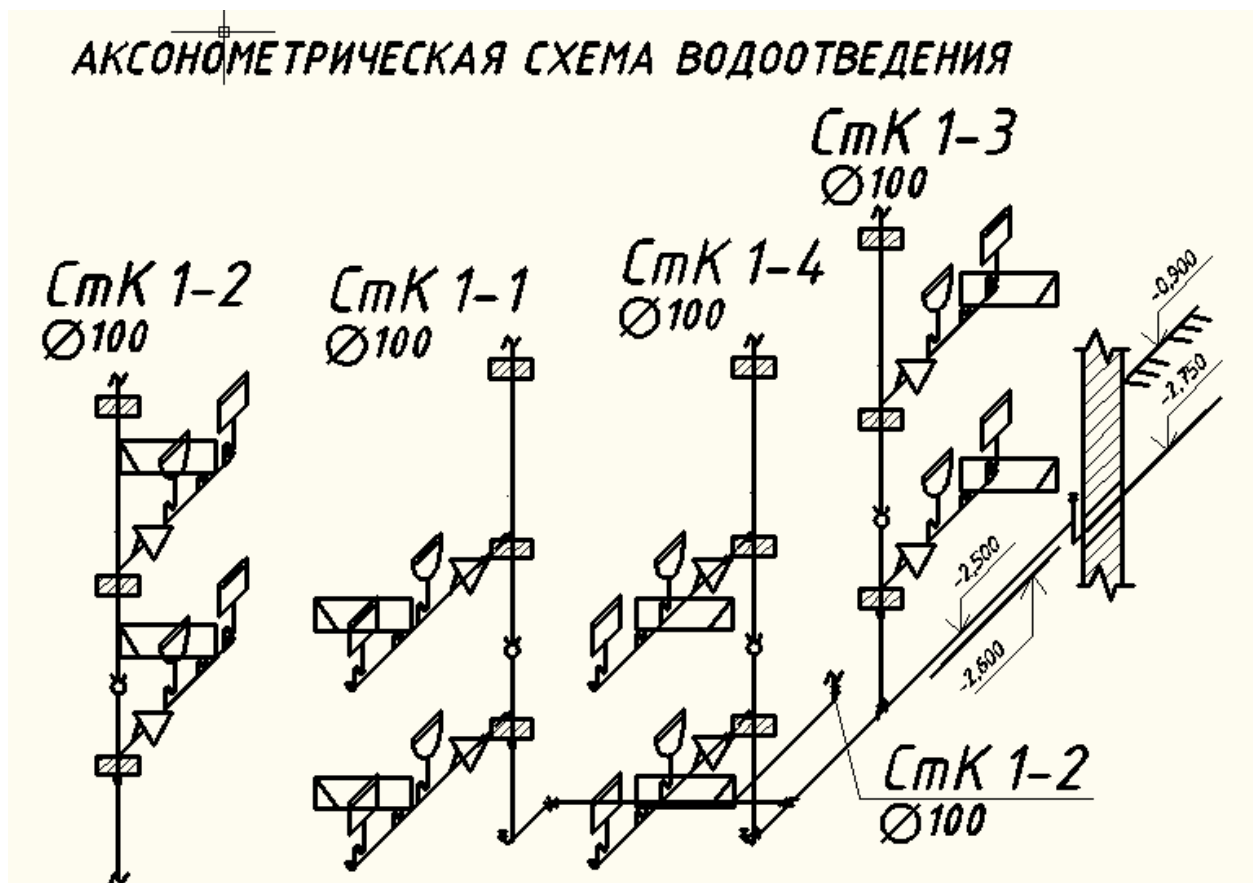
| Диаметр поэтажного отвода, мм | Угол присоединения поэтажного отвода к стояку, градус | Максимальная пропускная способность вентилируемого канализационного стояка, л/с, при его диаметре, мм |     |     |      |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|------|
|                               |                                                       | 50                                                                                                    | 85  | 100 | 150  |
| 50                            | 90                                                    | 0,8                                                                                                   | 2,8 | 4,3 | 11,4 |
|                               | 60                                                    | 1,2                                                                                                   | 4,3 | 6,4 | 17,0 |
|                               | 45                                                    | 1,4                                                                                                   | 4,9 | 7,4 | 19,6 |
| 85                            | 90                                                    | -                                                                                                     | 2,1 | -   | -    |
|                               | 60                                                    | -                                                                                                     | 3,2 | -   | -    |
|                               | 45                                                    | -                                                                                                     | 3,6 | -   | -    |
| 100                           | 90                                                    | -                                                                                                     | -   | 3,2 | -    |
|                               | 60                                                    | -                                                                                                     | -   | 4,9 | -    |
|                               | 45                                                    | -                                                                                                     | -   | 5,5 | -    |

**Таблица №1 - Гидравлический расчет внутридомовой канализации**

| № стояка | Кол-во приборов на стояке | N · P <sup>tot</sup> | α | q <sub>s0</sub> q <sub>0s</sub> , л/с | Расход стоков на стояке, л/с |                      | Диаметр отводной линии, мм | Диаметр стояка, мм | Табл. расход | Угол присоед. отв. линии к стояку |
|----------|---------------------------|----------------------|---|---------------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|--------------|-----------------------------------|
|          |                           |                      |   |                                       | q <sup>tot</sup> , л/с       | q <sup>s</sup> , л/с |                            |                    |              |                                   |
| 1        | 2                         | 3                    | 4 | 5                                     | 6                            | 7                    | 8                          | 9                  | 10           | 11                                |
|          |                           |                      |   |                                       |                              |                      |                            |                    |              |                                   |
|          |                           |                      |   |                                       |                              |                      |                            |                    |              |                                   |
|          |                           |                      |   |                                       |                              |                      |                            |                    |              |                                   |
|          |                           |                      |   |                                       |                              |                      |                            |                    |              |                                   |
|          |                           |                      |   |                                       |                              |                      |                            |                    |              |                                   |
|          |                           |                      |   |                                       |                              |                      |                            |                    |              |                                   |

Заполнение данной таблицы производится следующим образом:

Графа № 1 - записываются стояки. Аксонометрическая схема представлена на рисунке 1



Графа №2 - указывается количество приборов, присоединяемых к данному стояку.

Графа №3 - графа №2 умножается на значение P<sup>tot</sup>

$$P^{tot} = \frac{U \cdot q_{hr,u}}{3600 \cdot N \cdot q_0}$$

U – число жителей (потребителей), чел;

N – число приборов на водопроводе;

где  $q_{\text{нгу}}$  – общая норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/ч, принимается по заданию

$q_0$  – общий секундный расход воды прибором, л/с, принимается по заданию

Графа №4 - коэффициент, принимаемый по прил. 4 табл. 2 СНиП 2.04.01-85\* в зависимости от  $N \cdot P^{\text{tot}}$

Графа №5 - принимается по заданию

Графа №6 - рассчитывается по формуле

$$q^{\text{tot}} = 5 \cdot \alpha \cdot q_0$$

Графа №7 - рассчитывается как графа 5 + графа 6

Графа №8 - по табл. 8 СНиП 2.04.01-85\* принимается диаметр отводного трубопровода (50 или 100мм, в зависимости от присоединяемых сантехнических приборов).

Графа №9 - принимается конструктивно 50 или 100мм.

Графа №10 - принимается по табл. 8 СНиП 2.04.01-85\* в зависимости от диаметра отводных труб и стояков и расхода стоков на стояке из графы 7).

Графа №11 - принимается по табл. 8 СНиП 2.04.01-85\*.

## Практическая работа 5 «Гидравлический расчет дворовой канализации»

**Цель:** научиться производить расчет дворовой канализационной системы (выпусков)

**Задание:** Решить задачу по подбору диаметра выпуска дворовой канализационной системы и проверить пропускную способность

### Исходные данные

4 стояка канализации на 1 выпуск

Количество приборов на стояке  $N = 8$  штук (в каждой квартире 2 раковины, ванная и унитаз)

Количество жителей на стояке  $N = 6$  человек (по 3 человек на квартиру)

$$q_{s0} = 0,15 \text{ л/с}$$

$$q_0 = 0,3 \text{ л/с}$$

$$q_{\text{гру}} = 8,1 \text{ л/с}$$

Гидравлический расчет выпусков канализации производится по таблицам Лукиных (приложение 1 к практической работе). Для этого на каждом выпуске определяются расчётные секундные расходы сточных вод, используя которые, определяются скорости движения стоков и наполнение труб.

Уклоны труб выпусков рекомендуется принимать:

при  $\varnothing 50 \text{ мм}$   $i \geq 0,03$ ; при  $\varnothing 100 \text{ мм}$   $i \geq 0,02$ ; при  $\varnothing 150 \text{ мм}$   $i \geq 0,01$ .

Расчет канализационных трубопроводов следует производить, назначая скорость движения жидкости  $V$ , м/с, и наполнение  $H/d$  таким образом, чтобы было выполнено условие:

$$V \cdot \sqrt{H/d} \geq K$$

где  $K = 0,5$  — для трубопроводов из пластмассовых и стеклянных труб;

$K = 0,6$  — для трубопроводов из других материалов.

При этом скорость движения жидкости должна быть не менее 0,7 м/с, а наполнение трубопроводов — не менее 0,3.

В тех случаях, когда выполнить вышеуказанное условие не представляется возможным из-за недостаточной величины расхода бытовых сточных вод, безрасчетные участки трубопроводов диаметром 50 мм следует прокладывать с уклоном 0,03, а диаметром 100 мм — с уклоном 0,02.

Все расчёты сводятся в табличную форму (см. табл.1).



**Таблица №1 - Гидравлический расчет дворовой канализации**

| №<br>выпуска | Стойки, обслуживаемые<br>выпуском | N | N · P <sup>tot</sup> | α | q <sub>с0</sub> q <sub>0с</sub> ,<br>л/с | q <sup>tot</sup> , л/с | q <sup>s</sup> , л/с | d,<br>мм | V,<br>м/с | H/d | i  |
|--------------|-----------------------------------|---|----------------------|---|------------------------------------------|------------------------|----------------------|----------|-----------|-----|----|
| 1            | 2                                 | 3 | 4                    | 5 | 6                                        | 7                      | 8                    | 9        | 10        | 11  | 12 |
|              |                                   |   |                      |   |                                          |                        |                      |          |           |     |    |
|              |                                   |   |                      |   |                                          |                        |                      |          |           |     |    |

**Заполнение данной таблицы производится следующим образом:**

Графа № 1 - записывается выпуск.

Графа № 2 - указывают, какие стояки присоединены к данному выпуску.

Графа №3 - указывается количество приборов, обслуживаемых данным выпуском.

Графа №4 - графа 3 умножается на значение P<sup>tot</sup>

$$P^{tot} = \frac{U \cdot q_{hr,u}}{3600 \cdot N \cdot q_0}$$

U – число жителей (потребителей), чел;

N – число приборов на водопроводе;

где q<sub>hru</sub> – общая норма расхода воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/ч, принимается по заданию

q<sub>0</sub> - общий секундный расход воды прибором, л/с, принимается по заданию

Графа №5 - коэффициент, принимаемый по табл. 2 прил. 4 СНиП 2.04.01-85\* в зависимости от N · P<sup>tot</sup>. Данная таблица приведена в приложении к данной практической работе

Графа №6 - принимается по заданию

Графа №7 -- рассчитывается по формуле

$$q^{tot} = 5 \cdot \alpha \cdot q_0$$

Графа №8 - рассчитывается как графа 6 + графа 7

Графа №9,10,11,12 - принимается по таблицам Лукиных. (приведены в приложении к практической работе)

## Практическая работа 6 «Теплотехнический расчет ограждающих конструкций»

**Цель:** определить толщину утепляющего слоя наружного ограждения (стены)

**Задание:** решить задачу по определению толщины слоя утеплителя для наружного ограждения (стены)

### Исходные данные:

1. Ограждающая конструкция жилого здания, состоящая из трех слоев: керамзитобетона на керамзитовом песке  $\gamma_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$  толщиной  $\delta_1 = 0,12 \text{ м}$ ; утеплитель из пенополистирола  $\gamma_{\text{ут}} = 40 \text{ кг/м}^3$ ; керамзитобетона на керамзитовом песке  $\gamma_2 = 1000 \text{ кг/м}^3$  толщиной  $\delta_2 = 0,08 \text{ м}$ .

2. Район строительства – г. Пенза.

3. Влажностный режим помещения - нормальный.

4. Отопление осуществляется от ТЭЦ.

5. Расчетная температура внутреннего воздуха  $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$ .

6. Значения, в формулах, теплотехнических характеристик и коэффициентов:

$t_{\text{н}} = -29^\circ\text{C}$  - расчетная зимняя температура,  $^\circ\text{C}$ , равная средней температуре наиболее холодной пятидневки;

$t_{\text{оп}} = -3,6^\circ\text{C}$  - средняя температура отопительного периода;

$z_{\text{оп}} = 222 \text{ сут.}$  - продолжительность отопительного периода

$\lambda_1 = \lambda_2 = 0,33 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$ ;  $\lambda_{\text{ут}} = 0,041 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$  - коэффициент теплопроводности отдельных слоев ограждения

$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения ;

$\Delta t_{\text{н}} = 4^\circ\text{C}$  - нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой поверхности ограждающей конструкции;

$n = 1$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху ;

$\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения

### Порядок расчета

1. Первоначально определяем требуемое сопротивление теплопередаче по формуле

$$R_0^{\text{треб}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n}{\Delta t_{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{н}}}$$

2. По формуле определяем градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), °C·сут:

$$D_d = (t_{в} - t_{оп}) \cdot z_{оп}$$

3. Находим величину сопротивления теплопередаче ограждения с учетом энергосбережения  $R_{0,эн}^{тр}$

| Приведенное сопротивление теплопередаче                                |                                             |                                   |                                     |                                                            |                         |         |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|
| Здания и помещения                                                     | Градусо-сутки отопительного периода, °C·сут | ограждающих конструкций, не менее |                                     |                                                            |                         |         |
|                                                                        |                                             | стен                              | покрытий и перекрытий над проездами | перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами | окон и балконных дверей | фонарей |
| Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты | 2000                                        | 1,2                               | 1,8                                 | 1,6                                                        | 0,3                     | 0,3     |
|                                                                        | 4000                                        | 1,6                               | 2,5                                 | 2,2                                                        | 0,45                    | 0,35    |
|                                                                        | 6000                                        | 2,0                               | 3,2                                 | 2,8                                                        | 0,6                     | 0,4     |
|                                                                        | 8000                                        | 2,4                               | 3,9                                 | 3,4                                                        | 0,7                     | 0,45    |
|                                                                        | 10000                                       | 2,8                               | 4,6                                 | 4,0                                                        | 0,75                    | 0,5     |
|                                                                        | 12000                                       | 3,2                               | 5,3                                 | 4,6                                                        | 0,8                     | 0,55    |

4. Сравниваем  $R_{тр}$  и  $R_{0,эн}^{тр}$  (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, принимаем для дальнейших расчетов большее

5. Определяем предварительную толщину выбранного утеплителя по уравнению

$$\delta_{ум} = \left[ R_{0,эн}^{тр} - \left( \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{н}} \right) \right] \cdot \lambda_{ум}$$

6. Уточняем общее фактическое сопротивление теплопередаче  $R_0^{\phi}$  для всех слоев ограждения по выражению

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ум}}{\lambda_{ум}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{н}}$$

7. Коэффициент теплопередачи для данной ограждающей конструкции определяем по уравнению

$$K = \frac{1}{R_0^{\phi}}$$

8. Находим толщину всей ограждающей конструкции по формуле

$$\delta_{\text{ст}} = \delta_1 + \delta_{\text{ут}} + \delta_2$$

## Практическая работа 7

### «Теплотехнический расчет ограждающих конструкций»

**Цель:** определить толщину утепляющего слоя наружного ограждения (покрытия)

**Задание:** решить задачу по определению толщины слоя утеплителя для наружного ограждения (покрытия)

**Исходные данные:**

1. Ограждающая конструкция, совмещенное многослойное

покрытие (рисунок 1) – железобетонная плита  $\gamma_1 = 2500 \text{ кг/м}^3$ , толщиной  $\delta_1 = 0,22 \text{ м}$ ; пароизоляция – битумная мастика с  $\gamma_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$  и  $\delta_2 = 0,003 \text{ м}$ ; утеплитель – маты минераловатные с  $\gamma_{ут} = 125 \text{ кг/м}^3$ ; выравнивающий слой цементно-песчанного раствора с  $\gamma_3 = 1800 \text{ кг/м}^3$  и  $\delta_3 = 0,05 \text{ м}$ ; гидроизоляция – три слоя рубероида с  $\gamma_4 = 600 \text{ кг/м}^3$  и  $\delta_4 = 0,009 \text{ м}$ .

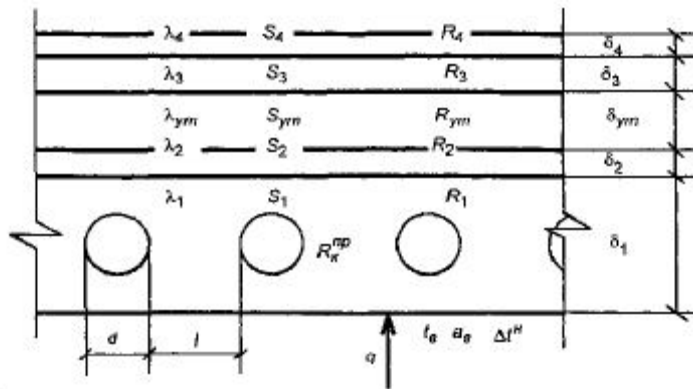


Рисунок 2 – Многослойная ограждающая конструкция покрытия

2. Район строительства – г. Пенза.

3. Влажностный режим помещения - нормальный.

4. Отопление осуществляется от ТЭЦ.

5. Расчетная температура внутреннего воздуха  $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$ ..

6. Значения, в формулах, теплотехнических характеристик и коэффициентов:

$t_{н} = -29^{\circ}\text{C}$  - расчетная зимняя температура,  $^{\circ}\text{C}$ , равная средней температуре наиболее холодной пятидневки;

$t_{оп} = -3,6^{\circ}\text{C}$  - средняя температура отопительного периода;

$z_{оп} = 222 \text{ сут.}$  - продолжительность отопительного периода

$\lambda_1 = 1,92 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;

$\lambda_2 = 0,27 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;

$\lambda_3 = 0,76 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;

$\lambda_4 = 0,17 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;

$\lambda_{\text{ут}} = 0,064 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{С)}$  - коэффициент теплопроводности отдельных слоев ограждения

$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{С)}$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения ;

$\Delta t_{\text{н}} = 4^{\circ}\text{С}$  - нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой поверхности ограждающей конструкции;

$n = 0,9$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху ;

$\alpha_{\text{н}} = 12 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{С)}$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения

### Порядок расчета

1. Первоначально определяем требуемое сопротивление теплопередаче по формуле

$$R_0^{\text{тп}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n}{\Delta t_{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{н}}}$$

2. По формуле определяем градусо-сутки отопительного периода (ГСОП),  $^{\circ}\text{С}\cdot\text{сут}$

$$D_d = (t_{\text{в}} - t_{\text{оп}}) \cdot Z_{\text{оп}}$$

3. Находим величину сопротивления теплопередаче ограждения с учетом энергосбережения  $R_{0,\text{ЭН}}^{\text{тп}}$

|                                                                        |                                                                        | Приведенное сопротивление теплопередаче |                                     |                                                            |                         |         |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|
| Здания и помещения                                                     | Градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{С}\cdot\text{сут}$ | ограждающих конструкций, не менее       |                                     |                                                            |                         |         |
|                                                                        |                                                                        | стен                                    | покрытий и перекрытий над проездами | перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами | окон и балконных дверей | фонарей |
| Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты | 2000                                                                   | 1,2                                     | 1,8                                 | 1,6                                                        | 0,3                     | 0,3     |
|                                                                        | 4000                                                                   | 1,6                                     | 2,5                                 | 2,2                                                        | 0,45                    | 0,35    |
|                                                                        | 6000                                                                   | 2,0                                     | 3,2                                 | 2,8                                                        | 0,6                     | 0,4     |
|                                                                        | 8000                                                                   | 2,4                                     | 3,9                                 | 3,4                                                        | 0,7                     | 0,45    |
|                                                                        | 10000                                                                  | 2,8                                     | 4,6                                 | 4,0                                                        | 0,75                    | 0,5     |
|                                                                        | 12000                                                                  | 3,2                                     | 5,3                                 | 4,6                                                        | 0,8                     | 0,55    |

4. Сравниваем  $R_{тр}$  и  $R_{0,эн}^{тр}$  ( $м^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт, принимаем для дальнейших расчетов большее

5 Находим термическое сопротивление теплопередаче железобетонной конструкции многопустотной плиты. Расчет приведенного термического сопротивления пустотной панели перекрытия представлен для двух случаев: когда пустотная панель является основанием покрытия и когда она несущая часть перекрытия над неотапливаемым подвалом. Плита выполнена из железобетона. Поперечное сечение плиты с размерами, и расчетная схема сечения приведены на рисунке 2.

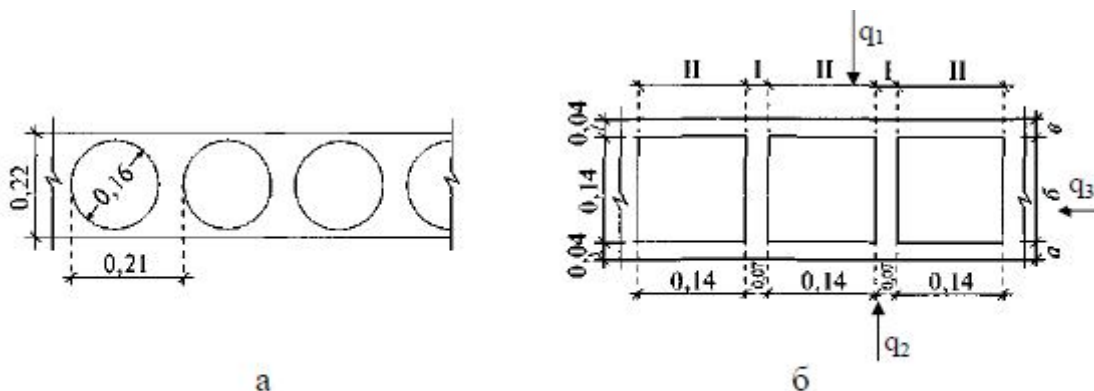


Рисунок 3 – Поперечное сечение плиты (а) и расчетная схема (б)

А. Для простоты расчета принимаем схему сечения плиты с квадратными отверстиями в плите вместо круглых. Так, сторона эквивалентного по площади квадрата

$$a = \sqrt{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \sqrt{\frac{3.14 \cdot 0.16^2}{4}} = 0.14 \text{ м}$$

Б. Выделяем регулярный элемент и делим его плоскостями, параллельными тепловому потоку. Получаем два параллельных участка. Участок I – однородный; участок II – многослойный: состоит из двух одинаковых по толщине слоев а и в, а также горизонтальной воздушной прослойки. Сопротивления теплопередаче этих участков RI и RII соответственно равны:

$$R_I = \frac{\delta_{жс/б}}{\lambda_{жс/б}} = \frac{0.22}{1.92} = 0.115 (м^2 \cdot ^\circ C) / Вт$$

$$R_{II} = R_a + R_{вн} + R_s = 2 \cdot \frac{\delta_{жс/б}}{\lambda_{жс/б}} = \frac{0.22}{1.92} + R_{вн} = 0.04 + R_{вн} (м^2 \cdot ^\circ C) / Вт$$

Термическое сопротивление воздушной прослойки  $R_{вп}$ :

Для панели покрытия (крыши) горизонтальная воздушная прослойка с потоком теплоты снизу-вверх отдалена от наружного воздуха слоем утеплителя, поэтому в ней воздух находится при положительной температуре. Прослойки толщиной 0,14 м в этих условиях  $R_{вп}=0,15$  ( $м^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт. Тогда

$$R_{II}=0,04+0,15=0,19 (м^2 \cdot ^\circ C) / Вт.$$

Сопротивление теплопередаче всего регулярного элемента при разбивке его плоскостями, параллельными тепловому потоку, определяем по формуле

$$R_A = \frac{\frac{A_I + A_{II}}{R_I + R_{II}}}{\frac{A_I}{R_I} + \frac{A_{II}}{R_{II}}} = \frac{\frac{0,07 + 0,14}{0,115 + 0,19}}{\frac{0,07}{0,115} + \frac{0,14}{0,19}} = 0,155 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

В. Делим регулярный элемент плоскостями, перпендикулярными тепловому потоку (рисунок 3 на схеме справа), и получаем три параллельных участка. Участки а и в – однородные, участок б – неоднородный, состоящий из горизонтальной воздушной прослойки и слоя железобетона шириной  $I = 0,07$  м и толщиной  $\delta = 0,14$  м.

$$R_{жс/б} = \frac{\delta_{жс/б}}{\lambda_{жс/б}} = \frac{0,14}{1,92} = 0,073 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

Определяем сопротивление теплопередаче этих участков:

$$R_a = R_{\text{с}} = \frac{\delta_a}{\lambda_{жс/б}} = \frac{0,04}{1,92} = 0,02 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

Рб определяем по формуле

$$R_{\text{б}} = \frac{\frac{A_I + A_{II}}{R_{жс/б} + R_{\text{сн}}}}{\frac{A_I}{R_{жс/б}} + \frac{A_{II}}{R_{\text{сн}}}} = \frac{\frac{0,07 + 0,14}{0,073 + 0,15}}{\frac{0,07}{0,073} + \frac{0,14}{0,15}} = 0,109 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

Сопротивление теплопередаче всего регулярного элемента РБ, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, при разбивке его плоскостями, перпендикулярными тепловому потоку, определяем по формуле

$$R_B = R_a + R_{\text{б}} + R_v$$

$$R_B = 0,02 + 0,109 + 0,02 = 0,149 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

5. Приведенное термическое сопротивление теплопередаче плиты  $R_{\kappa}^{np}$ , (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, определяется по формуле

$$R_{\kappa}^{np} = \frac{R_A + 2R_B}{3} = \frac{0,155 + 2 \cdot 0,149}{3} = 0,151 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Полученные значения используются как известные величины при дальнейшем определении толщины изоляции в указанных перекрытиях.

6. Определяем предварительную толщину утеплителя  $\delta_{ут}$  по уравнению

$$\delta_{ут} = \left[ R_{0,зн}^{np} - \left( \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + \frac{\delta_{см}}{\lambda_{см}} + R_{\kappa}^{np} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \right] \cdot \lambda_{ут}$$

7. Уточним фактическое общее сопротивление теплопередаче  $R_0^{\phi}$  покрытия по выражению

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}$$

8. Коэффициент теплопередачи для принятой конструкции покрытия определяем по уравнению



$$K = \frac{1}{R_0^\phi}$$

9. Общая толщина конструкции  $\delta_{\text{ст}}$  определяется по формуле:

$$\delta_{\text{ст}} = \delta_{\text{н.шт}} + \delta_{\text{ут}} + \delta_{\text{б}} + \delta_{\text{в.шт}}$$

## Практическая работа 8

### «Выполнение вертикальной планировки. Подсчёт картограммы земляных работ»

**Цель:** научиться производить геодезические расчеты при вертикальной планировке участка местности

**Задание:** решить задачу по расчету проектной высоты горизонтальной площадки при условии минимального объема земляных работ, т.е. при соблюдении баланса земляных работ, когда объем выемки грунта равен объему насыпи

#### Исходные данные

Исходную высоту связующей точки НгЗ принять 68.130 м

Исполнительная полевая схема нивелирования поверхности

|   |                   |      |      |                    |      |      |
|---|-------------------|------|------|--------------------|------|------|
| 2 | 1097              | 1118 | 1057 | 0833               | 0878 | 1010 |
| в | 1207              | 1315 | 1280 | 1054               | 0976 | 1095 |
|   | ГП <sub>I</sub> = |      |      | ГП <sub>II</sub> = |      |      |
| δ | 1258              | 1452 | 1462 | 1239               | 1196 | 1243 |
| а | 1584              | 1459 | 1228 | 1254               | 1358 |      |
|   | 1                 | 2    | 3    | 4                  | 5    |      |

#### Ход работы

1. Вычислить горизонт прибора и высоты вершин квадратов для станции 1 и 2 по формуле:

$$\text{ГП} = \text{Низв} + a_0$$

где ГП – горизонт прибора на станции, м

Низв — известная высота точки, в данном случае это высота точки гЗ, м

а0 — отсчет по рейке на данной точке, мм

Полученное значение горизонта прибора вписать на полевую схему в соответствующем месте.

2. Найти фактические высоты всех вершин квадратов по формуле:

$$H_i = ГП - a_i$$

где ГП — горизонт прибора на станции, м

$H_i$  — высота вершин, определяемых для станции I;

$a_i$  — отсчет по рейке на этих вершинах (по черной стороне)

Последовательно получаемые значения высот записать на полевую схему рядом с соответствующей вершиной квадрата.

3. Составить топографический план по результатам нивелирования по квадратам.

1) На листе чертежной бумаги в масштабе 1:500 построить сетку квадратов со сторонами 20 м. На план выписать высоты всех точек (вершин), округляя значения до 0,01 м.

2) Произвести «укладку» горизонталей и подписать высоты горизонталей, кратные 0,1 м. Высоты подписывают в разрывах горизонталей так, чтобы основание цифр было обращено вниз по скату. Сверху сделайте надпись: «Топографический план участка. М 1:500. Сплошные горизонталы проведены через 0,1 м».

4. Выполнить копию схемы сетки квадратов и выписать на нее фактические высоты точек. Исключительно в учебных целях для уменьшения нагрузки на чертеж предлагается использовать две схемы сетки квадратов. Одну как исходную для вычисления проектной высоты горизонтальной площадки; вторую — для составления картограммы земляных работ.

5. Найти наименьшую из высот вершин квадратов  $H_0$  и вычислить условные высоты всех вершин квадратов по формуле:

$$\Delta h = H_i - H_0$$

где  $\Delta h$  — условная высота точки, м

$H_i$  — фактическая высота точки, м

$H_0$  — минимальная высота вершин квадратов, м

Полученные условные высоты выписать на схему ниже фактических высот квадратов (для каждой вершины)

6. Вычислить проектную высоту  $H_{пр}$  горизонтальной площадки при условии соблюдения баланса земляных работ

$$H_{пр} = H_0 + \frac{\sum \Delta h_1 + 2 * \sum \Delta h_2 + 3 * \sum \Delta h_3 + 4 * \sum \Delta h_4}{4 * n}$$

где  $\Delta h_1$  — условная высота вершины, входящая только в один квадрат, м

$\Delta h_2$  — условная высота вершины, входящая в два квадрата, м

$\Delta h_3$  — условная высота вершин, входящих в три квадрата, м

$\Delta h_4$  — условная высота, входящая в четыре квадрата, м

7. Вычислить рабочие высоты для всех вершин квадратов по формуле:

$$h_{pi} = H_p - H_i$$

где  $h_i^{раб}$  - рабочая высота точки, м

$H_p$  – проектная высота площадки, м

$H_i$  – фактическая высота точки, м

И вписать их на картограмму земляных работ

8. Определить положение точек нулевых работ. По сторонам квадратов, где рабочие высоты меняют знак на противоположный, найти расстояния до точек нулевых работ по формуле:

$$X = \frac{h_1^{раб}}{(h_1^{раб} + h_2^{раб})} * d$$

где  $x$  – расстояние до точки нулевых работ, м

$h_1^{раб}$  - рабочая высота точки 1, м

$h_2^{раб}$  - рабочая высота точки 2, м

$d$  – расстояние между точками, м (в данном случае 20 м)

9. Для получения линии нулевых работ точки нулевых работ последовательно соединить прямыми линиями и штриховкой разделить зоны выемки и насыпи.

**Практическая работа 9**  
**«Выполнение вертикальной планировки. Подсчёт картограммы**  
**земляных работ»**

**Цель:** научиться производить геодезические расчеты при вертикальной планировке участка местности

**Задание:** Пользуясь данными из практической работы 8 составить картограмму земляных работ и вычислить объемы перемещаемого грунта (заполнить ведомость)

Ведомость вычисления объемов земляных работ

| № фигуры | Площадь фигуры, м | Средняя рабочая<br>высота, м | Объем земляных работ, м <sup>3</sup> |            |
|----------|-------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------|
|          |                   |                              | Насыпь (+)                           | Срезка (-) |
| 1        |                   |                              |                                      |            |
| 2        |                   |                              |                                      |            |
| 3        |                   |                              |                                      |            |
| 4        |                   |                              |                                      |            |
| 5        |                   |                              |                                      |            |
| 6        |                   |                              |                                      |            |
| 7        |                   |                              |                                      |            |
| 8        |                   |                              |                                      |            |
| 9        |                   |                              |                                      |            |
| 10       |                   |                              |                                      |            |
| 11       |                   |                              |                                      |            |
| 12       |                   |                              |                                      |            |
| 13       |                   |                              |                                      |            |
| 14       |                   |                              |                                      |            |
| 15       |                   |                              |                                      |            |
| 16       |                   |                              |                                      |            |
| 17       |                   |                              |                                      |            |
| 18       |                   |                              |                                      |            |
| 19       |                   |                              |                                      |            |
| 20       |                   |                              |                                      |            |

**Ход работы**

1. Вычислить объемы земляных работ. Вычисления выполнить в ведомости таблицы. Перед началом вычислений необходимо разбить участок на геометрические фигуры (квадраты и треугольники). Пронумеровать фигуры на

картограмме и вписать номера фигур в графу 1 таблицы. Объемы земляных работ вычислить по формуле:

$$V=h_{cp}*S$$

где  $V$  – объем фигуры, м<sup>3</sup>

$S$  – площадь основания фигуры, м<sup>2</sup>

$h_{раб}^{cp}$  - средняя рабочая отметка, м

Вычисления вести в следующем порядке:

- а) вычислить площади фигур и записать их в графу 2 таблицы;
- б) вычислить средние рабочие отметки;
- в) вычислить объемы фигур.

Для контроля по графе 2 в таблице подсчитайте сумму площадей всех фигур. С точностью до 1 % она должна совпадать с общей площадью участка. Значения рабочих отметок могут иметь знак «+» или «-», поэтому и значения объемов будут иметь знак. Знак плюс перед значением объема грунта будет соответствовать насыпи, а знак минус — срезке.

2. Общий контроль. По условию проектирования — это равенство объемов выемок и насыпей. Для вывода общего баланса земляных работ необходимо просуммировать значения объемов по графам 4 и 5 таблицы. Баланс земляных работ равен

$$\frac{V_{+} - V_{-}}{V_{+} + V_{-}} * 100\% < 2\%$$