

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 19.04.2024 16:17:34

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра теплогазоводоснабжения

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 9 » 09

20 г.



Расчет и конструирование системы обеспечения микроклимата здания

Методические указания для практических занятий , курсового проектирования и самостоятельной работы студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» по дисциплине «Инженерное оборудование зданий и сооружений»

Курск 2022

УДК 697.2(07)

Составители: Е.В. Умеренков, Э.В. Умеренкова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры
теплогазоводоснабжения Т.В. Поливанова

Расчет и конструирование системы обеспечения микроклимата здания: методические указания для практических занятий , курсового проектирования и самостоятельной работы студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» по дисциплине «Инженерное оборудование зданий и сооружений»/Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.В. Умеренков, Э.В. Умеренкова. Курск, 2022. 99 с.: табл.1, прилож. 3. Библиогр.: с. 99 .

Содержатся требования, предъявляемые к курсовой работе, состав и содержание разделов расчетно-пояснительной записки.

Излагаются основные теоретические положения теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и составления теплового баланса помещения как исходные данные для проектирования и расчета систем обеспечения микроклимата жилых и общественных зданий, основные подходы, используемые при принятии решений выбора и конструирования современных систем обеспечения микроклимата.

Представлены необходимые теоретические сведения и алгоритмы расчетов систем обеспечения микроклимата, подбора и расчета оборудования, основные подходы к конструированию систем проиллюстрированы конкретными примерами.

Методические указания предназначены для студентов 08.03.01 Строительство всех форм обучения при выполнении курсового и дипломного проектирования и инженерно-технических работников, связанных с проектированием и эксплуатацией соответствующих систем.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 5,75. Уч.-изд. л. 5,21 Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Оглавление

Введение.....	4
1 Задание и состав курсового проекта	7
2 Расчет и конструирование системы обеспечения микроклимата здания	9
2.1 Расчет тепловой нагрузки системы отопления	9
2.1.1 Выбор исходных данных для проектирования систем отопления	9
2.1.2 Теплотехническое проектирование ограждающих конструкций	10
2.1.3 Расчет теплотерь	16
2.2 Выбор и конструирование систем отопления	22
3 Вопросы и задачи для самоконтроля	34
3.1. Вопросы для собеседования.....	34
3.2 Задачи	36
Библиографический список	44
Приложение 1	45
Приложение 2	85
Приложение 3	87

Введение

Инженерные системы предназначены для обеспечения нормальных условий жизнедеятельности в жилых и производственных помещениях, а также в объектах промышленного, транспортного и индивидуального назначения.

К ним относятся:

- системы отопления
- системы вентиляции
- системы кондиционирования
- внутренний водопровод
- внутренняя канализация

Системы отопления – это совокупность устройств для компенсации теплопотерь и обеспечения нормируемых температурных условий в помещениях в течении отопительного периода

Системы вентиляции – это совокупность устройств, обеспечивающих обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимого микроклимата и качества воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне

Системы кондиционирования воздуха – это совокупность устройств, обеспечивающих автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения и качества) с целью обеспечения, как правило, оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей

Система внутреннего водоснабжения (внутренний водопровод) - это совокупность устройств, транспортирующих воду к водоразборным устройствам в нужном количестве, необходимого качества и под требуемым напором

Система внутреннего водоотведения (Внутренняя канализация) - это система трубопроводов и устройств, обеспечивающих прием и транспортирование загрязненных стоков, образующихся в процессе хозяйственно-бытовой, санитарно-гигиенической и производственной деятельности человека, внутри и за пределы зданий в наружную сеть канализации.

Современный подход к проектированию систем обеспечения микроклимата направлен на оптимизацию их установочной мощности, с целью снижения затрат тепловой энергии, и основывается на теплотехническом проектировании.

Курсовая работа “Расчет и конструирование системы обеспечения микроклимата здания” разрабатывают с целью систематизации и закрепления студентом теоретических знаний и приобретения им практических приемов расчета и конструирования инженерных систем.

Необходимым условием выполнения курсовой работы является наличие знаний полученных в ходе изучения таких дисциплин как «Основы теплоснабжения и вентиляции», «Основы гидравлики, водоснабжения и водоотведения», «Основы архитектуры и проектирования строительных конструкций», «Строительные материалы, выполнение предшествующих курсовых проектов и работ.

Курсовую работу выполняют в соответствии с действующими нормами на проектирование, монтаж и эксплуатацию систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений.

Принятые в курсовой работе решения должны соответствовать современному уровню развития инженерных систем, т. е. иметь как следствие:

- снижение металлоемкости системы;
- повышение её гидравлической и тепловой устойчивости;
- возможность автоматического регулирования мощности.

В объеме курсового проектирования должны быть разработаны мероприятия по энергосбережению (в соответствии с Федеральным Законом “Об энергосбережении”).

Студент обязан самостоятельно решить основные вопросы выбора, конструирования и расчета инженерной системы. Решение согласовывается с руководителем курсовой работы. Руководитель утверждает правильные решения и отклоняет неверные, проверяет расчеты, указывает на допущенные ошибки, дает советы по их устранению.

Часть расчетов (объем и содержание оговаривается руководителем проекта) выполняется с помощью вычислительной техники по программам, разработанным на кафедре ТГВ.

Законченная работа подписывается руководителем и передается на рассмотрение комиссии кафедры, которая после защиты студентом основных положений проекта определяет качество и дает оценку работе.

1. Задание и состав курсового проекта

Исходным материалом для проектирования являются строительные чертежи здания и задание (приложение 1), в котором содержатся следующие данные:

Указываются все условия, положенные в основу проектирования:

- а) характеристика объекта строительства:
- назначение объекта проектирования;
 - район строительства;
 - этажность;
 - конструктивные особенности объекта проектирования (наличие чердака, подвала или технических помещений и т.п.)
- б) климатологические данные района строительства (параметры Б и коэффициент обеспеченности 0,92) [1].
- средняя температура наиболее холодных суток – $t_{х.с.}$, °С;
 - средняя температура наиболее холодной пятидневки – $t_{н}$, °С;
 - средняя температура отопительного периода – $t_{ср. от}$, °С;
 - продолжительность отопительного периода – Z , суток;
 - расчетная скорость ветра (среднюю скорость ветра за январь – V , м/с);
 - зона влажности по климатической карте [1].
- в) расчетные параметры внутреннего воздуха.
- определяют значения температур внутреннего воздуха для всех отапливаемых помещений проектируемого здания, согласно [2].
- Полученные данные сносят в таблицу 1.

Таблица 1 - Расчетные параметры внутреннего воздуха

Наименование отапливаемого помещения	Расчетная температура $t_{в}$, °С;
--------------------------------------	-------------------------------------

Курсовой проект включает расчетно-пояснительную записку объемом не менее 30 страниц формата А4 (297 × 210) .

Графическая часть содержит:

- планы здания с нанесением элементов системы обеспечения микроклимата (М 1:100);

- аксонометрическую схему системы обеспечения микроклимата.

Расчетно-пояснительная записка должна включать следующие обязательные разделы:

Введение

1. Исходные данные для проектирования
2. Расчет ограждающих конструкций.
3. Определение тепловой мощности системы отопления
4. Выбор и обоснование решения системы отопления

Заключение

2 Расчет и конструирование системы обеспечения микроклимата здания

2.1 Расчет тепловой нагрузки системы отопления

2.1.1 Выбор исходных данных для проектирования систем отопления

Согласно [4], заданные параметры микроклимата в помещениях жилых, общественных и административно-бытовых зданий следует обеспечивать в пределах **расчетных параметров наружного воздуха** для соответствующих районов строительства.

При проектировании систем отопления в качестве расчетных принимают параметры Б, а именно:

- средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 - t_n , °С;
- средняя температура отопительного периода- $t_{\text{ср. от}}$, °С;
- продолжительность отопительного периода- Z , суток;
- среднюю скорость ветра за январь - V , м/с.

Среднюю температуру наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода принимают для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С, а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов- интернатов для престарелых не более 10 °С.

Расчетные параметры внутреннего воздуха для отопительного периода для всех отапливаемых помещений проектируемого здания (кроме помещений, для которых параметры микроклимата установлены другими нормативными документами) следует принимать [4]:

- в обслуживаемой зоне жилых помещений температуру воздуха - минимальную из оптимальных температур по [2];
- в обслуживаемой зоне жилых зданий (кроме жилых помещений), а также общественных и административно-бытовых зданий - минимальную из допустимых температур .

Параметры микроклимата или один из параметров допускается принимать в пределах оптимальных норм, вместо

допустимых, если это экономически обосновано, или по заданию на проектирование.

2.1.2 Теплотехническое проектирование ограждающих конструкций

Теплопотери помещения, компенсируемые системой отопления, определяются в первую очередь теплотехническими свойствами ограждающих конструкций.

Для обеспечения в отапливаемом помещении условий теплового комфорта и оптимизации мощности системы отопления, ограждающие конструкции должны иметь термическое сопротивление и сопротивление воздухопроницанию не менее значений, нормируемых [3]. Температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование) по условиям невыпадения конденсата.

Расчет ограждающих конструкций выполняется в следующей последовательности:

- определяют требуемые сопротивления теплопередаче $R_o^{тр}$, $m^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и воздухопроницанию $R_{и}^{тр}$, $m^2 \cdot \text{ч Па}^n/\text{кг}$;
- осуществляют выбор конструкции ограждения;
- производят теплозащиту ограждения ;
- определяют фактические теплотехнические характеристики.

Значения требуемых **приведенных сопротивлений теплопередаче** ограждающих конструкций $R^{тр}$ принимают в зависимости от величины градусосуток отопительного периода (ГСОП).

Величину градусо-суток , в течение отопительного периода следует вычислять по формуле

$$ГСОП = (t_{в} - t_{ср.от.}) \cdot z, \quad (2.1)$$

Расчетная температура внутреннего воздуха здания t_B , °С, при расчете ограждающих конструкций групп зданий принимается по оптимальным параметрам ГОСТ 30494.

Промежуточные значения R^{TP} следует определять интерполяцией.

В случаях, когда средняя наружная или внутренняя температура для отдельных помещений отличается от принятых в расчете ГСОП, базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций умножаются на коэффициент n , который рассчитывается по формуле

$$n = (t_B^* - t_H^*) / (t_B - t_H), \quad (2.2)$$

Если температура воздуха двух соседних помещений отличается больше, чем на 8 °С, то минимально допустимое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, разделяющих эти помещения (кроме светопрозрачных), следует определять по формуле

$$R^{mp} = \frac{n \cdot (t_B - t_H)}{\Delta t_H \cdot \alpha_B} \quad (2.3)$$

где t_H - расчетная температура воздуха в более холодном помещении;

α_B - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций ;

Δt_H - нормативный температурный перепад между температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции;

$n = 1$ - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху.

Требуемое сопротивление теплопередаче входных дверей (кроме балконных) должно быть не менее $0,6R^{TP}$ стен зданий и сооружений, рассчитанного по (2.3).

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого значения приведенного

сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

Расчетную температуру воздуха в теплом чердаке, техническом подполье, остекленной лоджии или балконе при проектировании допускается принимать на основе расчета теплового баланса.

Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий $R_{и}$, должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию $R_{и}^{тр}$, $\frac{м^2 \cdot ч \cdot Па}{кг}$, /4/, определяемого по формуле

$$R_{и} \geq R_{и}^{тр} = \frac{1}{G_{н}} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{2/3}, \quad (2.4)$$

где Δp - разность давлений на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкциях, Па, определяемая по формуле (1.7);

$\Delta p_0 = 10$ Па - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачных ограждающих конструкций, при которой экспериментально определяется сопротивление воздухопроницанию конструкций выбранного типа $R_{и}$;

$G_{н}$ - нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, $кг/м^2 \cdot ч$.

$$\Delta p = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_{н} - \gamma_{в}) + 0,03 \cdot \gamma_{н} \cdot v^2 \quad (2.5)$$

где H - высота здания от пола первого этажа до устья вентиляционной шахты, м;

$\gamma_{н}$, $\gamma_{в}$ - удельный вес воздуха соответственно при температуре $t_{н}$ и $t_{в}$, $Н/м^3$, определяемый по формуле:

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}, \quad (2.6)$$

t - температура воздуха: внутреннего (для определения γ_B) - принимается согласно оптимальным параметрам по [2]; наружного (для определения γ_H) - принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь.

Исходя из условий $R^k \geq R^{TP}$ определяют необходимую толщину изоляционного слоя ограждающей конструкции по формуле:

$$\delta_{из} = \left[R^{mp} \frac{1}{r} + \left(\frac{1}{\alpha_H} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} + R_{вп} \right) \right] \lambda_{из}, \quad (2.7)$$

где α_H - коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$;

$R_{вп}$ - сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$.

r - коэффициент теплотехнической однородности ограждающих конструкций;

$\delta_i, \delta_{из}$ - толщина соответственно конструктивных слоев ограждения и т/и слоя, м;

$\lambda_i, \lambda_{из}$ - коэффициенты теплопроводности соответственно конструктивных слоев ограждения и т/и слоя, определяются по [3], $Вт/(m \cdot ^\circ C)$ (для соответствующих условий эксплуатации).

Условия эксплуатации ограждающих конструкций следует устанавливать в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности следующим образом:

- определяют зону влажности (влажная, нормальная, сухая) согласно [3]; при этом в случае попадания населенного пункта на границу зон влажности следует выбирать более влажную зону;

- определяют влажностный режим помещений (сухой, нормальный, влажный или мокрый) в зависимости от расчетной относительной влажности и температуры внутреннего воздуха;

- устанавливают условия эксплуатации ограждающих конструкций (А, Б) в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности.

В качестве материала утепления необходимо принимать эффективный т/и материал, т.е. $\lambda_{из} \leq 0,052 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{С})$.

При определении термического сопротивления конструктивных слоев ограждения, слои, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью ограждения не учитываются.

Величина коэффициента теплотехнической однородности для различных ограждений в зависимости от их конструкции колеблется в пределах 0,65-0,98.

Найденное значение требуемой толщины утеплителя $\delta_{из}$ округляется до ближайшего типоразмера теплоизоляционной конструкции.

После этого рассчитывается фактическое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции по формуле:

$$R^{\phi} = r \left(\frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + R_{вн} + \frac{1}{\alpha_{н}} \right). \quad (2.8)$$

Для расчета сопротивления теплопередаче конструкций, расположенных на грунте, применяют упрощенную методику, в соответствие с которой поверхность пола и стен (при этом пол рассматривается как продолжение стены) по грунту делится на полосы шириной 2 м, параллельные стыку наружной стены и поверхности земли. Отсчет зон начинается по стене от уровня земли, а если стен по грунту нет, то зоной I является полоса пола, ближайшая к наружной стене. Следующие две полосы будут иметь номера II и III, а остальная часть пола составит зону IV .

Значение условного сопротивления теплопередаче отдельных зон неутепленных полов и стен ниже уровня земли с коэффициентами теплопроводности $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ принимают:

- для I зоны - $R_I = 2,1 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт}$;
- для II зоны - $R_{II} = 4,3 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт}$;
- для III зоны - $R_{III} = 8,6 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт}$;
- для IV зоны - $R_{IV} = 14,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{С/Вт}$.

Сопротивление теплопередаче утепленных полов, расположенных на грунте, для каждой зоны

$$R_{\text{у.пл.}} = \sum_{i=1}^n R_i + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_{\text{у.с.}i}}{\lambda_{\text{у.с.}i}} \quad (2.9)$$

где i – номер зоны;

$\sum \delta_{\text{у.с.}}/\lambda_{\text{у.с.}}$ – сумма термических сопротивлений утепляющих слоев (с $\lambda < 1,2 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$).

Сопротивление теплопередачи полов на лагах:

$$R_{\text{л}} = 1,18 R_{\text{у.пл.}} \quad (2.10)$$

Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче окон, витражей, балконных и наружных дверей принимается на основании результатов сертификационных испытаний. При их отсутствии приведенное сопротивление можно принимать по [3].

Величина приведенного сопротивления воздухопроницанию окон жилых и общественных зданий, при $\Delta p_0 = 10 \text{ Па}$, должна по сертификату соответствия на заполнение проема быть больше требуемого по (2.5).

Фактическое сопротивление выбранной светопрозрачной конструкции $R_{\text{и}}^{\text{ф}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{кВт}}$, определяют по формуле:

$$R_{\text{и}}^{\phi} = \frac{1}{G_{\phi}} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^n \quad (2.11)$$

где n - показатель режима фильтрации светопрозрачной конструкции, полученный в результате испытаний;

G_{ϕ} – воздухопроницаемость ограждающей конструкции, полученная в результате испытаний при $\Delta p_0 = 10$ Па, кг/м²ч.

По показателям воздухопроницаемости ГОСТ 23166-99 [5] подразделяет оконные и балконные дверные блоки в деревянных, пластиковых и металлических переплетах на 5 классов.

2.1.3 Расчет теплопотерь

Мощность системы отопления определяют для расчётных теплопотерь, т. е. при потерях тепла при расчётной температуре наружного воздуха для проектирования систем отопления, учитывая:

- а) потери теплоты через ограждающие конструкции;
- б) расход теплоты на нагревание наружного воздуха, проникающего в помещения за счет инфильтрации или путем организованного притока через оконные клапаны, форточки, фрамуги и другие устройства для вентиляции помещений;
- в) тепловой поток, регулярно поступающий от электрических приборов, освещения, людей и других источников тепла.

Расчетную мощность системы отопления ($Q_{\text{от}}$, Вт) определяют из уравнения теплового баланса помещений:

$$Q_{\text{от}}^{\text{зд}} = Q_{\text{т}} + Q_{\text{инф.}} - Q_{\text{быт.}}, \quad (2.12)$$

где $Q_{\text{т}}$ – теплопотери теплопередачей через ограждающие конструкции здания, Вт;

$Q_{\text{инф.}}$ – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха, Вт;

$Q_{\text{быт.}}$ – бытовые тепловыделения, Вт.

Теплопотери следует определять для всех отапливаемых помещений, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции, с округлением до 5 Вт :

- через наружные стены;
- через внутренние стены, если разность температур в помещении, которые они разделяют, превышает 3⁰С;
- через окна;
- через балконные двери;
- через пол на первом этаже;
- через потолок на последнем этаже.

Для ограждений, обращенных наружной поверхностью в сторону неотапливаемых помещений (подвальные и чердачные помещения, холодные подполья, тамбура, закрытые веранды и лоджии и т.п.), в которых температура воздуха будет выше расчетной температуры наружного воздуха t_n , вводят поправочный коэффициент n .

В случае, непредусмотренном нормами, определяют температуру воздуха в неотапливаемом помещении, граничащем с отапливаемым, исходя из уравнения теплового баланса неотапливаемого помещения.

Теплопотери через внутренние ограждающие конструкции помещений допускается не учитывать, если разность температур в этих помещениях 3⁰С и менее. Если разность температур более 3⁰С, то для помещений с более высокой температурой внутреннего воздуха эти потери теплоты необходимо суммировать с другими теплопотерями, а для помещений с более низкой температурой внутреннего воздуха их следует учитывать как теплопоступления.

Потери теплоты теплопередачей (трансмиссионные) следует определять по формуле:

$$Q = \frac{1}{R} * A * (t_v - t_n) * (1 + \sum \beta) * n \quad (2.13)$$

где R - фактическое термическое сопротивление ограждения, м²°С/Вт;

A - расчетная площадь ограждающей конструкции, m^2 ;

β - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

Линейные размеры ограждающих конструкций определяют с точностью до 0,1м, а площадь – с точностью до $0,1m^2$, в соответствии с правилами обмера .

Дополнительные теплотери учитываются добавками к основным, задаваемыми в долях единицы. Добавки подразделяются на несколько видов:

1. Добавка на ориентацию ограждения по сторонам света принимается для всех наружных вертикальных ограждений или проекций на вертикаль наружных наклонных ограждений (рис.3), обращенных на:

- север (С); восток (В); северо-восток (СВ) и северо-запад (СЗ) – в размере 0,1;

- юго-восток (ЮВ) и запад (З) – 0,05.

В жилых помещениях, разрабатываемых для типового проектирования, через все ограждения, обращенные на любую из сторон света в размере 0,13.

б) через необогреваемые полы 1 этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой $-40^{\circ}C$ и ниже – в размере 0,05;

в) через наружные двери, не оборудованные воздушными завесами при высоте зданий H , м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза в размере:

0,2Н – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

0,27Н – для двойных дверей с тамбуром между ними;

0,34Н – для двойных дверей без тамбура;

0,22Н – для одинарных дверей.

В жилых и общественных зданиях с естественной вытяжной вентиляцией (без компенсации подогретым притоком) расход теплоты на инфильтрацию определяют двумя путями:

- вычисляется расход теплоты на подогрев инфильтрующегося воздуха, обеспечивающего нормативный воздухообмен, т.е. равного расходу удаляемого вытяжного воздуха;

- рассчитывается расход теплоты из условия нагревания инфильтрующегося через наружные ограждения воздуха при отсутствии вентиляции.

За расчетное принимается большее из полученных значений.

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха при нормативном воздухообмене определяют:

$$Q_{\text{инф}}^H = 0,28L_{\text{н}}\rho_{\text{н}}C(t_{\text{в}}-t_{\text{н}}), \quad (2.14)$$

где $L_{\text{н}}$ – расход удаленного воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$, не компенсируемый подогретым потоком, равное для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м^2 общей площади на человека - $3 A_{\text{ж}}$;

б) других жилых зданий - $0,35 h_{\text{эт}}(A_{\text{ж}})$, но не менее 30м , где m - расчетное число жителей в здании;

в) общественных и административных зданий определяют согласно подразделу проектной документации "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети" с учетом баланса приточного и вытяжного воздуха, в том числе при использовании систем рециркуляции, либо согласно приложению И СП 60.13330.2020 с учетом количества человек в помещениях;

$h_{\text{эт}}$ - высота этажа от пола до потолка, м;

$\rho_{\text{н}}$ – плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяется по формуле:

$$\rho_{\text{в}} = \frac{353}{273 + t_{\text{н}}} \quad (2.15)$$

c – удельная теплоемкость воздуха равная $1 \text{ кДж}/\text{кг} \text{ } ^\circ\text{С}$.

При отсутствии вентиляции, расход теплоты на нагревание инфильтрующегося через неплотности ограждений воздуха определяют:

$$Q_{\text{инф.}} = 0,28 \sum G_i * k * C * (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (2.16)$$

где k – коэффициент учета влияния встречного потока в конструкциях;

G_i – расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения: наружные стены, окна, балконные двери, щели и неплотности проемов ограждений, стыки стеновых панелей.

Таким образом, задача инженерного расчета сводится к определению расхода инфильтрационного воздуха $G_{инф}$, кг/ч, через отдельные ограждения каждого помещения. Инфильтрация через стены и покрытия невелика, поэтому ею обычно пренебрегают и рассчитывают только через заполнение световых проемов, а также через закрытые двери и ворота, в том числе и те, которые при обычном эксплуатационном режиме не открываются.

Расход воздуха через окна и балконные двери, определяем:

$$G_i = 0,216 * \sum A_i * \frac{\Delta p_i^{0,67}}{Ru}; \quad (2.17)$$

через закрытые двери и ворота:

$$G_i = \sum A_i * \frac{1}{Ru} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{1/2} \quad (2.18)$$

где A_i – площади окон и балконных дверей, м²;

Ru – сопротивление воздухопроницанию, м²чПа/кг, окон и балконных дверей;

Δp_i – расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций на расчетном этаже .

Расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях каждой ограждающей конструкции равна:

$$\Delta p_i = p_{ti} + p_{vi} - \Delta p_{ci} - p_{int}, \quad (2.19)$$

где p_{ti} – избыточное гравитационное давление, Па;
 p_{vi} – избыточное ветровое давление, Па;
 Δp_{ci} – расчетные потери давления в вентиляционных системах, Па;
 p_{int} – условно-постоянное давление в здании, Па.
 В зданиях с естественной вентиляцией

$$\Delta p_{ci} = (H-h_i)(\rho_{+5} - \rho_B) \times g, \quad (2.20)$$

где h_i – расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон;
 ρ_{+5}, ρ_B – плотности воздуха, соответственно при температуре воздуха $+5^\circ\text{C}$ и расчетной внутренней температуре, кг/м^3 .
 Гравитационное давление определяется соотношением:

$$p_{ti} = (H - h_i) (\rho_H - \rho_B)g, \quad (2.21)$$

Ветровое давление:

$$p_{vi} = 0,5 \rho_H V_H^2 (C_H - C_3)k', \quad (2.22)$$

где $C_H = 0,8$; $C_3 = -0,6$ – аэродинамические коэффициенты для соответственно наветренной и заветренной стороны [6];

k' – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности и высоты здания [6].

Условно-постоянное давление воздуха в здании p_{int} , Па (отождествляется с давлениями на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций) определяется:

$$p_{int} = 0,5 Hg(\rho_H - \rho_B) + 0,25 V^2 \rho_H (C_H - C_3)k', \quad (2.23)$$

таким образом, подставляя в (2.21) формулы (2.22), (2.23), (2.24) имеем:

$$\Delta p_i = (H - h_i) (\rho_H - \rho_{+5})g + 0,5 \rho_H V^2 (C_H - C_3)k' - p_{int}. \quad (2.24)$$

В жилых зданиях тепловой поток, Вт, поступающий в помещение от электрических приборов, освещения, людей и др. источников, следует определять по формуле:

$$Q_{\text{быт.}} = q_{\text{быт.}} A_{\text{ж}}, \quad (2.25)$$

где $q_{\text{быт.}}$ - величина бытовых тепловыделений на 1 м^2 площади жилых помещений ($A_{\text{ж}}$) или расчетной площади общественного здания ($A_{\text{р}}$), $\text{Вт}/\text{м}^2$, принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м^2 общей площади на человека $q_{\text{быт.}} = 17 \text{ Вт}/\text{м}^2$;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м^2 общей площади и более на человека $q_{\text{быт.}} = 10 \text{ Вт}/\text{м}^2$;

в) других жилых зданий - в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины $q_{\text{быт.}}$ между 17 и $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$;

г) для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по расчетному числу людей ($90 \text{ Вт}/\text{чел}$), находящихся в здании, освещения (по установочной мощности) и оргтехники ($10 \text{ Вт}/\text{м}^2$) с учетом рабочих часов в неделю.

2.2 Выбор и конструирование систем отопления

Системы отопления классифицируются по следующим основным признакам:

- по расположению основных элементов
- по преимущественному способу передачи тепла
- по виду теплоносителя
- по способу циркуляции теплоносителя
- по способу присоединения к источнику тепла
- по схемным решениям.

По расположению основных элементов системы отопления

подразделяются на:

- центральные
- индивидуальные

Центральная система отопления - это отопление группы потребителей от одного источника тепла, находящегося за пределами отапливаемого объекта, через общую тепловую сеть.

Индивидуальная система отопления – это система отопления одного дома, при этом источник тепла находится в том же помещении или в непосредственной близости от него.

По преимущественному способу передачи тепла системы отопления подразделяются на:

- конвективные
- лучистые

Конвективные системы отопления – это системы отопления, в которых температура воздуха отапливаемых помещений поддерживается выше радиационной температуры помещения.

Лучистые системы отопления – это системы отопления, в которых температура воздуха отапливаемых помещений поддерживается ниже радиационной температуры помещения.

По виду теплоносителя системы отопления подразделяются на:

- водяные
- паровые
- воздушные
- комбинированные (паро–воздушные).

По способу циркуляции теплоносителя системы отопления подразделяются на:

- с естественной циркуляцией
- с искусственной циркуляцией

Система отопления **с естественной циркуляцией**– это система отопления, в которой циркуляция теплоносителя осуществляется за счет разности плотностей холодного и горячего теплоносителя

Система отопления с **искусственной циркуляцией** – это система отопления, в которой циркуляция теплоносителя осуществляется при помощи циркуляционных насосов.

По способу присоединения к источнику тепла системы отопления подразделяются на:

- зависимая прямоточная
- зависимая со смешением
- независимая

Зависимая прямоточная система отопления – это система отопления, в которую поступает теплоноситель из источника тепла без изменения параметров.

Зависимая со смешением система отопления – это система отопления, в которую поступает теплоноситель из источника тепла, предварительно смешанный с теплоносителем из сборной магистрали системы отопления для обеспечения заданных температурных параметров.

Независимая система отопления – это система отопления, которая присоединяется к источнику тепла через теплообменник, теплоноситель из источника тепла является греющим, а в системе циркулирует промежуточный теплоноситель.

По схемным решениям системы отопления, в свою очередь, классифицируются по следующим основным признакам:

- по расположению труб, объединяющих отопительные приборы
- по схеме соединения труб с отопительными приборами
- по направлению движения теплоносителя в распределительной и сборной магистралях
- по расположению распределительной магистрали

По расположению труб, объединяющих отопительные приборы системы отопления подразделяются на:

- вертикальные
- горизонтальные
- горизонтальные поэтажные

Вертикальная система отопления – это система отопления, в

которой теплоноситель поступает в отопительные приборы разных этажей по вертикальному теплопроводу (стояку).

Горизонтальная система отопления – это система отопления, в которой теплоноситель поступает в отопительные приборы одного этажа по горизонтальному теплопроводу (ветви).

Горизонтальная поэтажная система отопления – это система отопления, в которой теплоноситель поступает в горизонтальные теплопроводы (ветви) разных этажей по вертикальному теплопроводу (стояку).

По схеме соединения труб с отопительными приборами системы отопления подразделяются на:

- двухтрубные,
- однотрубные системы

Двухтрубная система отопления - это система отопления, в которой отопительные приборы присоединяются параллельно к двум стоякам (вертикальным трубопроводам) или ветвям (горизонтальным трубопроводам). По одному из них, подающему, теплоноситель поступает к отопительным приборам, а по обратному - теплоноситель, отдавший тепло в отопительных приборах, поступает к сборному обратному (магистральному) трубопроводу, по которому поступает в котел или к тепловому пункту.

Однотрубная система отопления - это система отопления, в которой отопительные приборы присоединяются последовательно к стояку или ветви. Теплоноситель проходит последовательно через несколько отопительных приборов, а затем поступает в котел или на пункт. Часть теплоносителя по подводкам попадает в отопительные приборы, а часть по перемычке проходит транзитом. Перемычка называется замыкающим участком.

По направлению движения теплоносителя в распределительной и сборной магистралях системы отопления подразделяются на:

- с тупиковым движением теплоносителя
- с попутным движением теплоносителя

Системы отопления с тупиковым движением теплоносителя - это системы отопления, в которых теплоноситель в

распределительной и сборной магистралях движется во взаимно противоположных направлениях.

Системы отопления с попутным движением теплоносителя - это системы отопления, в которых теплоноситель в распределительной и сборной магистралях движется в одном направлении.

По расположению распределительной магистрали системы отопления подразделяются на:

- с верхней разводкой
- с нижней разводкой

Системы отопления с верхней разводкой - это системы отопления, в которых распределительная магистраль расположена выше отопительных приборов.

Системы отопления с нижней разводкой - это системы отопления, в которых распределительная магистраль расположена ниже отопительных приборов.

В соответствии с основным назначением к отопительным приборам предъявляют следующие требования:

1) Теплотехнические. Прибор должен наилучшим образом передавать от энергоносителя тепловую энергию воздуху отапливаемого помещения, т. е. иметь высокий коэффициент теплопередачи k . ($4,5 \div 17,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$);

2) Санитарно-гигиенические:

а) *невысокая температура* (до 70°C) нагревательного прибора уменьшает возгонку пыли и степень радиации;

б) *гладкая поверхность* позволяет легко удалять его пыль.

3) Экономические. Характеризуется величиной теплонапряженности – это количество тепла, приходящееся на 1 кг веса прибора и на 1°C температурного напора. *Повышение теплонапряженности прибора* снижает его металлоемкость и, следовательно, стоимость:

$$M = \frac{Q_{\text{пр}}}{G \cdot \Delta t}, \quad (2.25)$$

где M – теплонапряженность прибора, Вт/кг·°С; Q – тепловая мощность прибора; G – вес прибора; Δt – разность средней температуры прибора и воздуха помещения, град.

Чем ниже металлоемкость и стоимость одного Вт, тем выше его экономические показатели.

4) Конструктивные. Необходимо, чтобы конструкция прибора позволяла:

а) *легко регулировать его тепловую мощность.*

Прибор должен быть б) *равнопрочен с трубами системы отопления* или близок к этому, то есть способен выдерживать давление 16 ат, а также обладать высокой в) *антикоррозийностью.*

5) Эстетические. Прибор должен а) *гармонизировать с современной мебелью*, не препятствовать ее расстановке и как можно б) *меньше занимать полезной площади* отапливаемого прибора

6) Производственно-монтажные. Соответствие прибора промышленным способам монтажа систем отопления и строительства зданий.

Отопительные приборы характеризуются следующими основными показателями:

– *теплоплотностью* – тепловой мощностью прибора с 1 м длины;

– *номенклатурным рядом* – интервалом между минимальным и максимальным значениями тепловой мощности приборов одного типа;

– *шагом номенклатурного ряда* – максимальной (минимальной) разностью значений тепловой мощности двух соседних приборов данного типа;

– *значением коэффициента теплопередачи k ;*

– *стоимостью s ;*

– *тепллонапряженностью;*

– *постоянной времени.*

Приборы различают:

1) *по материалу*, из которого они изготовлены – чугунные, стальные, бетонные, биметаллические, медные, алюминиевые, неметаллические и т. д.;

2) *по характеру поверхности* – гладкие и оребренные;

3) *по высоте*: высокие ≥ 650 мм; средние 400÷650; низкие 200÷400; плинтусные ≤ 200 мм;

4) *по характеру передачи тепловой энергии* (по преимущественной доле того или иного вида т/о):

– $\geq 50\%$ радиацией – радиаторного (отопительные панели, потолочные излучатели);

– $\geq 75\%$ конвекцией – конвекторного (конвекторы, ребристые трубы, калориферы);

– 50% ÷ 75% – смешанного типа ($50^p \div 50^k$ – радиаторы, гладкотрубные приборы, напольные панели).

5) *по назначению* – для водяных и паровых систем отопления;

6) *по исполнению* – одно-, двух-, и трехрядные;

7) *по схеме циркуляции теплоносителя* – концевые и проходные.

8) *по величине тепловой инерции*, которая характеризуется постоянной времени прибора.

– инерционные с $T_{пр} > 1,5$ ч

– средней инерционности с $T_{пр} = 0,5 - 1,5$ ч

– безнерционные с $T_{пр} < 0,5$ ч.

здесь $T_{пр} = \frac{G_{пр} \cdot C_{пр}}{k_{пр} \cdot F_{пр}}$ – постоянная времени прибора (время,

необходимое для изменения его мощности).

9) *по скорости движения воды* на *скоростные* и *емкостные* приборы.

Скоростные – скорость воды в подводках сравнима со скоростью воды в приборе.

Емкостные – скорость воды в приборах в несколько раз меньше скорости воды в подводках.

10) *по конструкции*:

– Отопительные панели

– Ребристые трубы

- Гладкотрубные приборы
- Радиаторы
 - секционные
 - колончатые
 - панельные
- Конвекторы

Отопительные панели - представляет собой отопительный прибор из бетона с заделанными в него нагревательными элементами из стальных труб диаметром 15 или 20 мм. Горячая вода, проходя по трубам, нагревает их, а они передают теплоту бетону

Теплообмен между трубами и бетоном осуществляется путем теплопроводности более интенсивно, чем при естественной конвекции и радиации между трубами и окружающим их воздухом и поверхностями помещения. Бетонная отопительная панель передает теплоту в конечном счете тому же воздуху и поверхностям помещения, но с большей площадью, чем площадь поверхности труб.

Таким образом, бетонная масса играет роль оребрения труб.

При использовании в системах отопления в качестве **теплоносителя** воздуха, каналы для его прохода могут выполняться в виде пустот в панелях.

Бетонные отопительные панели могут одновременно выполнять роль ограждающих конструкций: пола, потолка, стены (совмещенные панели). Они выполняются также в виде отдельных изделий (приставные панели). Коэффициенты теплопередачи бетонных отопительных панелей находятся в пределах 7,5-11,5 Вт/(м²°С). Приборы рассчитаны на рабочее давление до 1 МПа.

Бетонные отопительные приборы, совмещенные с ограждающими конструкциями, в большей мере, чем другие приборы, отвечают санитарно-гигиеническим и архитектурно-строительным требованиям.

Ребристые трубы - представляют собой трубный фрагмент определённой длины (несущую трубу) с поперечными (реже – продольными) наружными рёбрами, расположенными с определённым шагом. Оребренный элемент трубопровода оборудуется входным и выходным патрубками для подключения к отопительной системе. Патрубки такого радиатора могут быть с резьбой, гладкой поверхностью (под сварку) или фланцем.

Регистры из гладких труб - представляют собой группу трубопроводов, расположенных параллельно друг другу и сообщающихся между собой. Они могут отличаться по материалу, по форме и конструктивному исполнению.

Такие отопительные приборы выдерживают всевозможные механические повреждения и нагрузки, а также работу с любым теплоносителем. Они также используются в помещениях с повышенными требованиями к чистоте, так как легко очищаются от пыли и всевозможных загрязнений.

Радиаторы секционные - состоят из нескольких секций, соединенных между собой, как правило, с помощью резьбовых ниппелей. Требуемое количество секций определяется тепловым расчетом, является индивидуальным для каждого помещения и зависит от его тепловой потребности.

Радиаторы колончатые - представляют собой два отдельно изготовленных коллектора (верхний и нижний), связанных между собой вертикальными "колонками".

Радиаторы панельные - выполняются в виде сваренных между собой стальных штампованных листов, между которыми образуются каналы для движения теплоносителя.

Радиатор имеет цельную конструкцию, поэтому ее не нужно собирать из нескольких элементов.

Из-за малой массивности стального листа прогревание панели происходит почти сразу же после запуска отопления. Это способствует хорошей теплоотдаче.

Металлические панели не имеют на внутренней своей поверхности, напрямую соприкасающейся с теплоносителем, антикоррозийного покрытия, что может привести довольно быстрому ржавлению, появлению течей, выходу из строя.

Конвекторы представляют собой кожух с конструкцией из металлических трубок, на которых имеется оребрение в виде напрессованных или наваренных пластин.

Выбор типа отопительного прибора определяется:

- назначением отапливаемого помещения
- санитарно-гигиеническими требованиями
- требованиями по регулированию теплоотдачи
- эстетическими требованиями
- конструктивными особенностями объекта проектирования
- тепловой нагрузкой
- типом системы отопления
- видом теплоносителя
- планируемыми капитальными затратами

Для всего здания целесообразно принимать один тип отопительного прибора.

Гидравлическая схема приборов должна соответствовать гидравлической схеме с/о.

Так, для емкостных приборов большой инерционности (чугунные радиаторы) оптимальной областью применения являются с/о жилых и общественных зданий с местными генераторами теплоты с механической, а особенно естественной циркуляцией (в том числе квартирные).

Системы отопления двухтрубные и однотрубные с замыкающими участками должны оснащаться *емкостными* приборами *средней инерционности* (стальные штампованные радиаторы), т. к. скорость теплоносителя при таких схемах незначительна, а скоростные приборы не обеспечивают нормативную мощность, которая определена при расходе воды $G = 360$ кг/ч.

Для бифилярных однотрубных проточных систем более всего пригодны малоинерционные скоростные приборы (конвекторы).

Что же касается с/о, работающих в автоматически регулируемом режиме, то для них наиболее совершенными приборами с теплотехнической, гигиенической и эксплуатационной

точек зрения являются скоростные малоинерционные, выполненные из стальных труб с развитой поверхностью нагрева.

Отопление лестничных клеток назначается от рециркуляционных воздухонагревателей, собранных из конвекторов, ребристых труб или калориферов, устанавливаемых в нижней части лестничных клеток. На лестничных клетках, разделенных на отсеки, отопительные приборы предусматриваются в каждом из отсеков и присоединяются к отдельным ветвям или стоякам с/о.

Трубопроводы систем отопления следует проектировать из стальных, медных, латунных труб, термостойких труб из полимерных материалов (в том числе металлополимерных и из стеклопластика), разрешенных к применению в строительстве. В комплекте с пластмассовыми трубами следует применять соединительные детали и изделия, соответствующие применяемому типу труб.

Трубы из полимерных материалов, применяемые в системах отопления совместно с металлическими трубами или с приборами и оборудованием, в том числе в наружных системах теплоснабжения, имеющими ограничения по содержанию растворенного кислорода в теплоносителе, должны иметь антидиффузный слой.

Запорно-регулирующая арматура подразделяется на муфтовую и фланцевую.

Муфтовая арматура имеет внутреннюю резьбу для соединения с трубопроводами, изготавливается с условным проходом до 50 мм.

Фланцевая- имеет соединительные фланцы и изготавливается с условным проходом 40мм и более.

Арматура изготавливается из следующих материалов: серого или ковкого чугуна, углеродистой или нержавеющей стали, бронзы или латуни и др. материалов.

Арматуру, устанавливаемую в отопительных системах, можно разделить на:

- запорную;
- запорно-регулирующую;
- смешительно-регулирующую.

- специальная

Запорная арматура

К таковым относятся следующие устройства:

- краны
- задвижки
- вентили
- дисковые затворы

Запорно-регулирующие элементы систем

К таковым относятся следующие устройства:

- балансировочные вентили;
- автоматические регуляторы перепада давления;
- термостатические радиаторные клапаны.

Смесительно-регулирующая арматура

К таковым относятся следующие устройства:

- термостатический трехходовой клапан;
- термостатический двухходовой клапан.

Специальная арматура

К таковым относятся следующие устройства:

- обратный клапан
- кран Маевского
- конденсатоотводчик

В соответствии с требованиями [4] , при централизованном теплоснабжении системы отопления и внутреннего теплоснабжения жилых и общественных зданий следует, как правило, присоединять к тепловым сетям по независимой схеме.

Присоединение систем внутреннего теплоснабжения зданий к тепловым сетям по зависимой схеме, а также систем отопления строящихся или реконструируемых отдельных зданий (внутри сложившейся застройки с общим для группы зданий тепловым пунктом) допускается предусматривать через автоматизированный узел управления (АУУ) для каждого здания, обеспечивая защиту от

повышения давления, а также регулирование температуры теплоносителя в зависимости от изменения температуры наружного воздуха. Присоединение систем внутреннего теплоснабжения через автоматизированный элеваторный узел допускается по заданию на проектирование при обосновании.

Присоединение систем потребления теплоты следует выполнять с учетом гидравлического режима работы тепловых сетей (пьезометрического графика) и графика изменения температуры теплоносителя в зависимости от изменения температуры наружного воздуха.

3 Вопросы и задачи для самоконтроля

3.1. Вопросы для собеседования

1 Введение

1. Основная функция инженерных систем зданий и сооружений
2. История отопительной техники и перспективы развития
3. Роль инженерных систем зданий и сооружений в обеспечении требуемого микроклимата в его помещениях
4. Основные конструктивные элементы инженерных систем зданий и сооружений
5. Термины и определения.

2 Определение мощности систем обеспечения микроклимата

1. Составляющие тепловой нагрузки на системы отопления и охлаждения
2. Защитные свойства наружных ограждений и их нормирование
3. Теплопотери помещения через наружные ограждения
4. Аэродинамика здания и теплопотери на нагревание инфильтрационного воздуха
5. Теплопоступления от солнечной радиации через окна
6. Технологические теплопоступления
7. Принципы определения тепловой мощности систем отопления-охлаждения при сменной работе систем

3 *Теплопроводы и арматура*

1. Уклоны труб, воздухоборники,
2. Размещение арматуры в системах отопления.
3. Классификация и материал теплопроводов.
4. Понятие диаметра условного прохода и условного давления.
5. Фитинги.
6. Запорная арматура инженерных систем зданий и сооружений.
7. Регулирующая арматура инженерных систем зданий и сооружений
8. Маркировка арматуры.
9. Виды соединений

4 *Классификация систем обеспечения микроклимата*

1. Общая классификация систем отопления.
2. Отопление лучистое и конвективное.
3. Местные и центральные системы.
4. Структурные схемы систем отопления.
5. Характеристика основных теплоносителей для систем отопления.
6. Их сопоставление по технико-экономическим, санитарно-гигиеническим и эксплуатационным показателям.
7. Область применения различных систем отопления.
8. Расчетная мощность системы отопления.
9. Требования, предъявляемые к отопительной установке.

5 *Выбор и конструирование инженерных систем зданий и сооружений*

1. Выбор схемы присоединения системы отопления к наружным теплопроводам.
2. Принятие основного схемного решения системы отопления в зависимости от назначения и конструктивных особенностей отапливаемого здания или сооружения.
3. Конструкции стояков системы отопления .
4. Параметры теплоносителя. Прокладка теплопроводов в

зданиях.

5. Компенсация теплового удлинения, уклон и тепловая изоляция труб.

6. Размещение запорной и регулирующей арматуры.

3.2 Задачи

Компетентностно-ориентированная задача № 1

Определить градусосутки отопительного периода г. Махачкала
(2494 °С·сут.)

Компетентностно-ориентированная задача № 2

Определить толщину изоляции для трехслойной конструкции

Исходные данные:

1) Кладка из обыкновенного глиняного кирпича на цементном песчаном растворе: $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$, $\delta = 510 \text{ мм}$;

2) Базальтовые плиты: $\rho = 50 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,041 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$;

3) Минеральная фасадная штукатурка из цементно-песчаного раствора: $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$, $\delta = 20 \text{ мм}$;

коэффициент теплотехнической однородности для стен жилых зданий из кирпича – 0,74.

Требуемое термическое сопротивление $2,27 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$

(100 мм)

Компетентностно-ориентированная задача № 3

Рассчитать трансмиссионные теплопотери помещения

Исходные данные:

$t_{\text{н}} = -13 \text{ °С}$

$t_{\text{в}} = 20 \text{ °С}$

Помещение 101, гостиная – 20°С;

НС1: $a = 3,92 \text{ м}$, $b = 3,0 \text{ м}$, $A = 11,76 \text{ м}^2$ – ориентация ЮЗ

НС2: $a = 6,42 \text{ м}$, $b = 3,0 \text{ м}$, $A = 19,26 \text{ м}^2$ – ориентация СЗ ;

ОК₁: a=1,47 м, b=1,42 м, A=2,09 м² – ориентация СЗ

ОК_{2,3}: a=1,86 м, b=1,42 м, A=2,64 м² – ориентация СЗ

БДв (глухая часть): a=0,7 м, b=0,7 м, A=0,49 м² – ориентация

В

ПЛ: A=18,03 м²;

(843Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 4

Выбрать исходные данные для проектирования системы обеспечения микроклимата для жилого дома, район постройки – Петропавловск-Камчатский

(расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, $t_n = -18^\circ\text{C}$;

продолжительность отопительного периода $z_{от}=251$ дня;

средняя температура наружного воздуха составляет $t_{от} = -1,5^\circ\text{C}$ за отопительный период;

скорость ветра составляет 5 м/с;

климатический район – IV;

условия эксплуатации – Б;

зона влажности – влажная;

влажностный режим – нормальный.)

Компетентностно-ориентированная задача № 5

Определить толщину изоляции для трехслойной конструкции

Исходные данные:

Коэффициенты теплопроводности λ_B , Вт/(м·°C), используемых материалов для условий эксплуатации Б по СП 50.13330.2012 равны:

1. Газобетон на цементном вяжущем : $\rho=800\text{кг/м}^3$,
 $\lambda=0,37 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$, $\delta=400\text{мм}$;

2. Базальтовые плиты: $\rho=40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,044 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$;

3. Кирпич облицовочный пустотный силикатный :
 $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,64 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$, $\delta=120\text{мм}$;
4. коэффициент теплотехнической однородности для стен жилых зданий из кирпича – 0,74.
5. Требуемое термическое сопротивление $2,43 \frac{\text{м}^2\text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$
(80 мм)

Компетентностно-ориентированная задача № 6

Определить фактические термические сопротивления четырех условных зон утепленных полов по грунту

Исходные данные:

1. Уплотненный грунт;
2. Слой щебня:
 $\rho=700 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$, $\delta=100 \text{ мм}$;
3. Слой песка:
 $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,58 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$, $\delta=100 \text{ мм}$;
4. Стяжка цементно-песчаным раствором:
 $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$, $\delta=50 \text{ мм}$;
5. Гидроизоляция;
6. Базальтовые плиты: $\rho=100 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,045 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$, $\delta=50$
 мм;
7. Стяжка цементно-песчаным раствором:
 $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda=0,93 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$, $\delta=30 \text{ мм}$;
8. Линолеум поливинилхлоридный: $\rho =1800 \text{ кг/м}^3$,
 $\lambda=0,38 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$, $\delta=10 \text{ мм}$;

Требуемое термическое сопротивление $3,8 \text{ (м}^2\text{ } ^\circ\text{C)/Вт}$
(для I зоны - $R_I = 3,93 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$;
для II зоны - $R_{II} = 6,13 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$;
для III зоны - $R_{III} = 10,43 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$;
для IV зоны - $R_{IV} = 16,03 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$.)

Компетентностно-ориентированная задача № 7

Рассчитать расход тепла на нормативный воздухообмен для жилого помещения

Исходные данные:

$$t_n = -18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_b = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A_n – площадь пола комнат квартиры, м^2 ;

$$A_n = 11,72 \text{ м}^2,$$

(516 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 8

Рассчитать тепlopоступления от бытовых источников для жилого помещения, если плотность заселения более 20 м^2 , а отапливаемая площадь с постоянным пребыванием людей - $11,72 \text{ м}^2$

(117 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 9

Рассчитать тепlopотери через входную дверь в лестничную клетку жилого дома.

Исходные данные:

Район строительства – г. Кемерово;

Высота здания – 19,95 м;

площадь входной двери, $A_{дв} = 1,3 \cdot 2,1 = 2,73 \text{ м}^2$ –

ориентация ЮВ;

t_b – температура на лестничной клетке, (16°C);

t_n – температура наружного воздуха (-39°C);

(1669 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 10

Определить условно-постоянное давление в здании

Исходные данные:

Район строительства – г. Кемерово;

Высота здания – 19,95 м;

скорость ветра составляет 3,4 м/с;

(31,71 Па)

Компетентностно-ориентированная задача № 11

Чему равно требуемое термическое сопротивление стены жилого здания при градусосутках 4200?

(2,57 м²°С/Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 12

Чему равна величина градусосуток для Вологды?

(5424)

Компетентностно-ориентированная задача № 13

Чему равно требуемое термическое сопротивление перекрытия над холодным подвалом жилого здания при градусосутках 4250?

(3,81 м²°С/Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 14

Чему равно требуемое термическое сопротивление стены административного здания при градусосутках 4100?

(2,43 м²°С/Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 15

Чему равно требуемое термическое сопротивление перекрытия над холодным подвалом административного здания при градусосутках 4777?

(2,97 м²°С/Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 16

Чему равно требуемое термическое сопротивление окна жилого здания при градусосутках 3250?

(0,33 м²°С/Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 17

Чему равно требуемое термическое сопротивление совмещенной кровли жилого здания при градусосутках 3500?

(3,95 м² °С/Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 18

Чему будут равны теплопотери через чердачное перекрытие, если теплопотери через совмещенную кровлю при тех же условиях равны 3600 Вт?

(3240 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 19

Чему будут равны теплопотери через чердачное перекрытие, если теплопотери через совмещенную кровлю при тех же условиях равны 3600 Вт?

(2987 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 20

Чему равен коэффициент изменения ветрового давления по высоте для жилого дома, высотой 28 м?

(0,65)

Компетентностно-ориентированная задача № 21

Чему равны теплопотери через стену, ориентированную на Ю, площадью 5 кв.м, жилого здания, если ее термическое сопротивление - 3,11 м² °С/Вт, а расчетная температура -27 °С ?

(76 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 22

Чему равны теплопотери через стену, площадью 5 кв.м, жилого здания в Калуге при типовом проектировании, если ее термическое сопротивление - 3,11 м² °С/Вт, а расчетная температура -27 °С ?

(85 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 23

Чему равны теплопотери через совмещенную кровлю, площадью 15 кв.м, жилого здания в Рязани при типовом

проектировании, если ее термическое сопротивление - $4,15 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а расчетная температура $-27 \text{ } ^\circ\text{C}$?
(170 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 24

Чему равны теплопоступления через внутреннюю стену, площадью 17 кв.м , если перепад температур в помещениях, которые она разделяет $8 \text{ } ^\circ\text{C}$, а ее термическое сопротивление - $0,75 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$?
(181 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 25

Чему равно требуемое термическое сопротивление входной двери в жилое здание, если расчетная температура $-24 \text{ } ^\circ\text{C}$?
($0,76 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$)

Компетентностно-ориентированная задача № 26

Чему равен расход тепла на естественную вентиляцию жилого помещения при расходе воздуха 45 куб.м./ч и расчетной температуре $-25 \text{ } ^\circ\text{C}$?
(807 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 27

Чему равен расход тепла на естественную вентиляцию жилого помещения в Москве при расходе воздуха 150 кг/ч ?
(1848 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 28

Чему равны теплопотери через 6 кв.м 1 зоны неутепленных полов на грунте жилого дома при расчетной температуре $-31 \text{ } ^\circ\text{C}$?
(154 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 29

Чему равен расход тепла на инфильтрацию при отсутствии вентиляции для жилого дома г. Москва, если площадь стеклопакета в деревянных переплетах $4,48 \text{ кв.м.}$, сопротивление

воздухопроницанию окна - нормативное, а перепад давлений на уровне верха окна - 27 Па?

(331 Вт)

Компетентностно-ориентированная задача № 30

Чему равны теплопотери через окно , площадью 2,25 кв.м, жилого дома, если добавка на ориентацию принимается как для типового проектирования, а расчетная температура "- 27" 0С ?

(217 Вт)

Библиографический список

1. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология»
2. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
3. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»
4. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»
5. ГОСТ 23166-99 Межгосударственный стандарт. Блоки оконные. Общие технические условия.
6. СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия»

Приложение 1

Индивидуальные задания

Таблица П1.1.

№ варианта (планировки)	№ планировки	Район строительства	Ориентация фасада	Этажность	Высота этажа	Основной материал ограждающих конструкций	Характеристика объекта
1		2	3	4	5	6	7
1	1	Владимир	Ю	12	2,5	Железобетон	Подвал, совмещенная кровля
2	2	Белгород					
3	3	Брянск					
4	4	Астрахань	С	9	2,7		
5	5	Вологда					
6	6	Воронеж					
7	7	Самара	В	7	3	Керамзитобетон	Техническое подполье, чердак
8	8	Кострома					
9	9	Курск					
10	10	Липецк	3	5	2,7		
11	11	Орел					
12	12	Рязань					

продолжение табл.П1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
13	13	Псков	ЮВ	5	3	Глиняный обыкновенный кирпич	См. план
14	14	Тамбов					
15	15	Тула					
16	16	Ярославль	ЮЗ	7	2,5		
17	17	Иваново					
18	18	Полтава					
19	9	Новгород	Ю	См. план	См. план		
20	19	Владимир					
21	20	Белгород					
22	21	Брянск	С	См. план	См. план		
23	22	Астрахань					
24	23	Вологда					
25	24	Воронеж	В	См. план	См. план		
26	25	Самара					
27	26	Кострома					

продолжение приложения 1

Планировка №2



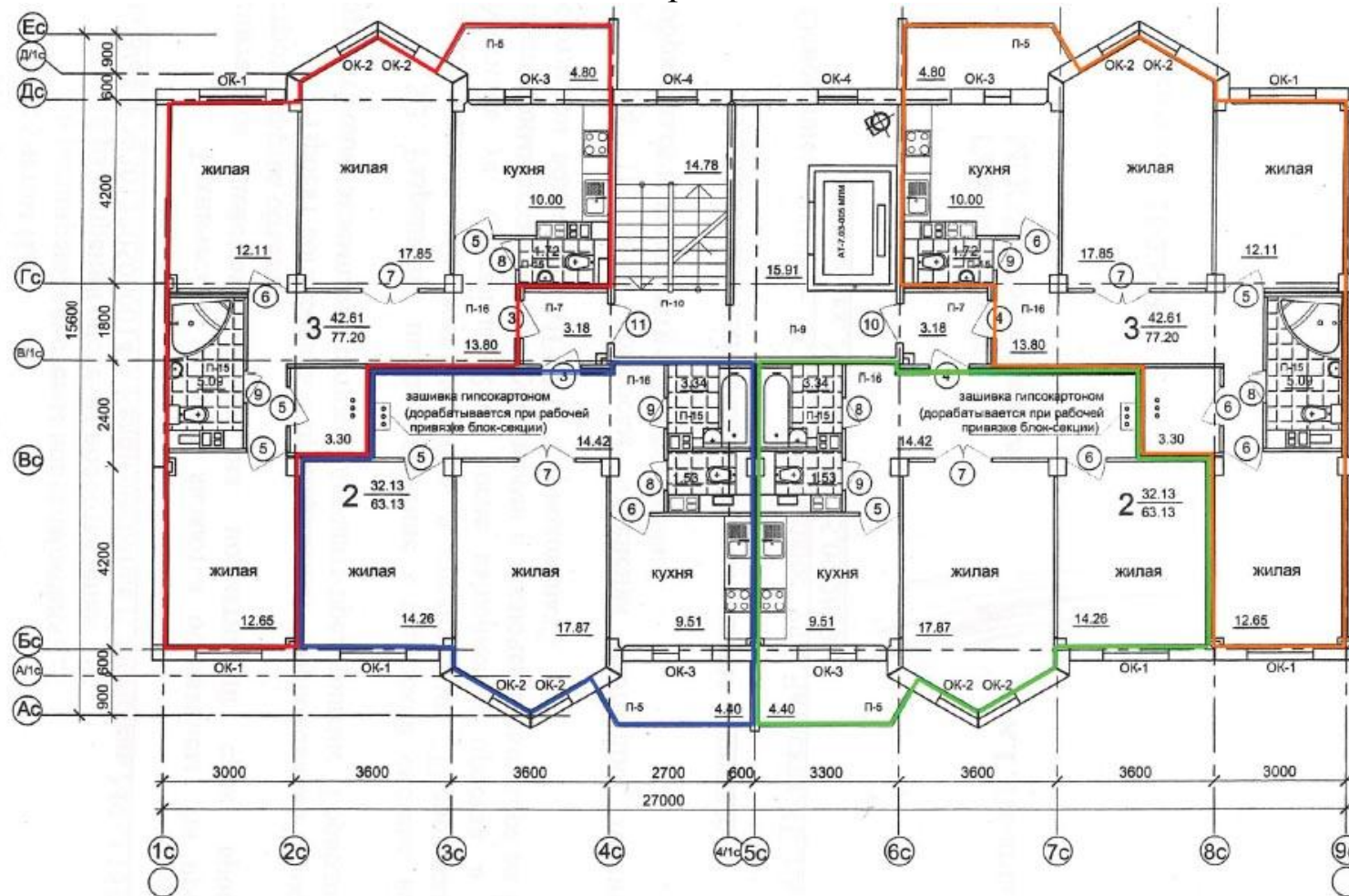
продолжение приложения 1

Планировка №3



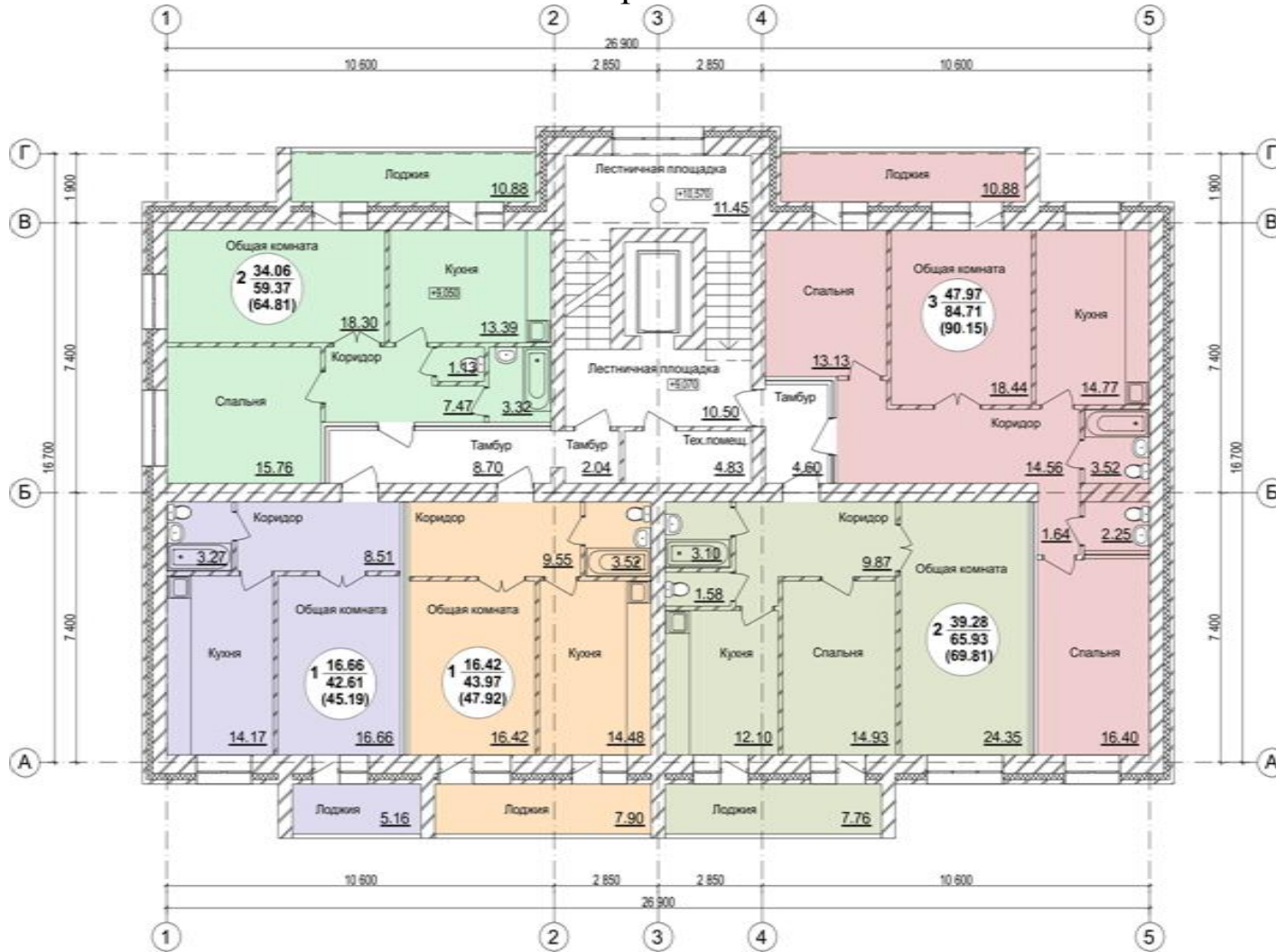
продолжение приложения 1

Планировка №4



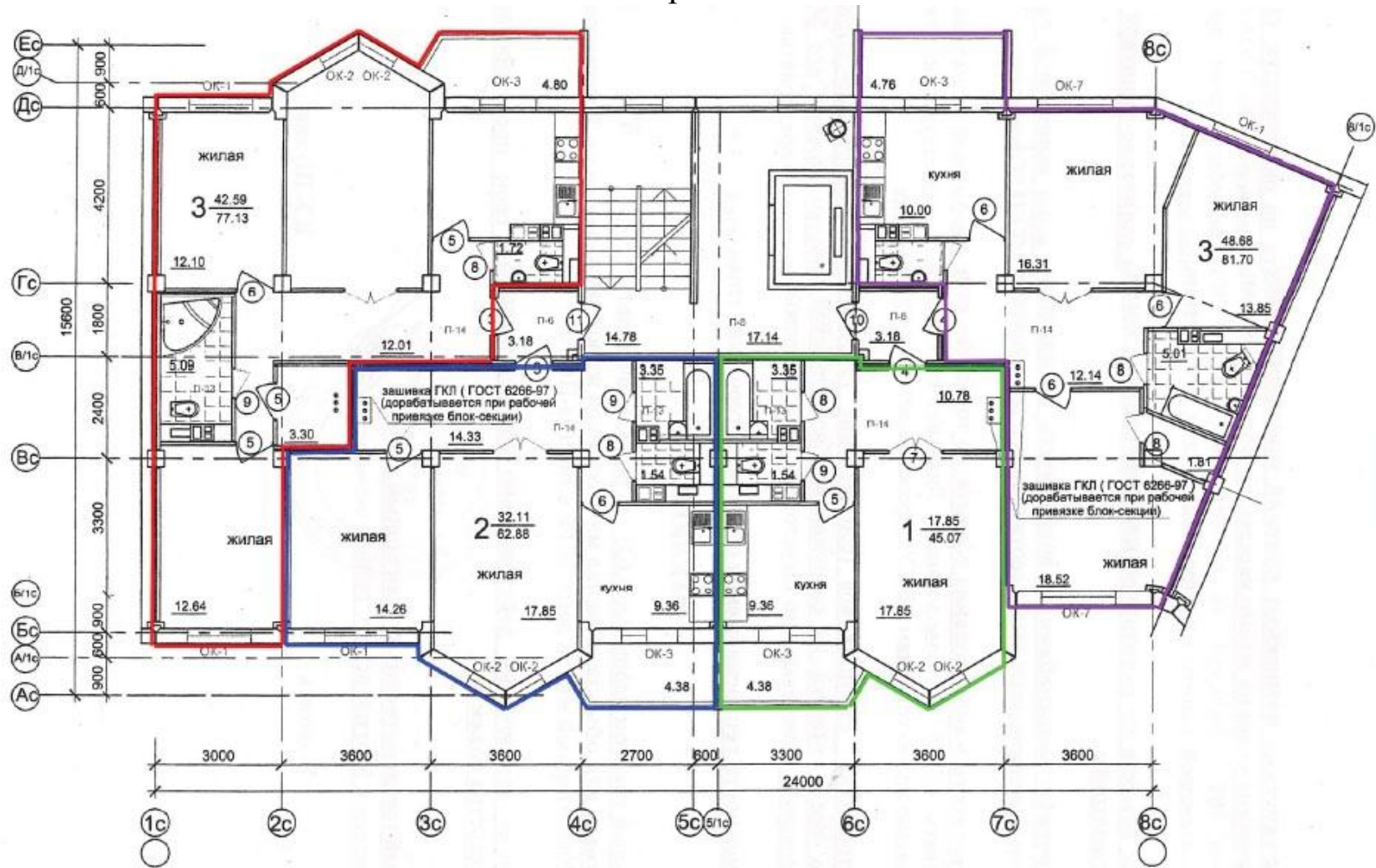
продолжение приложения 1

Планировка №5



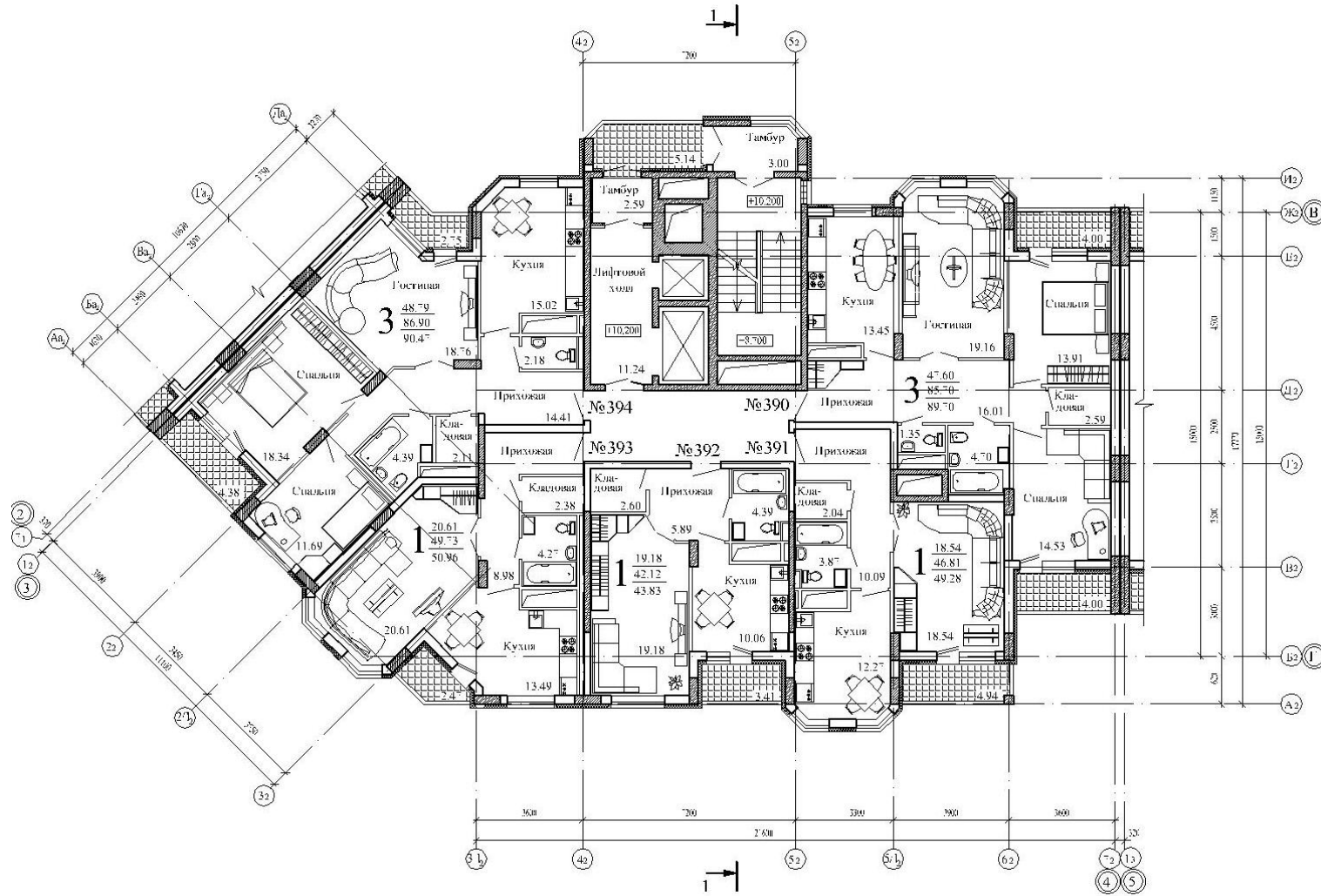
продолжение приложения 1

Планировка №6



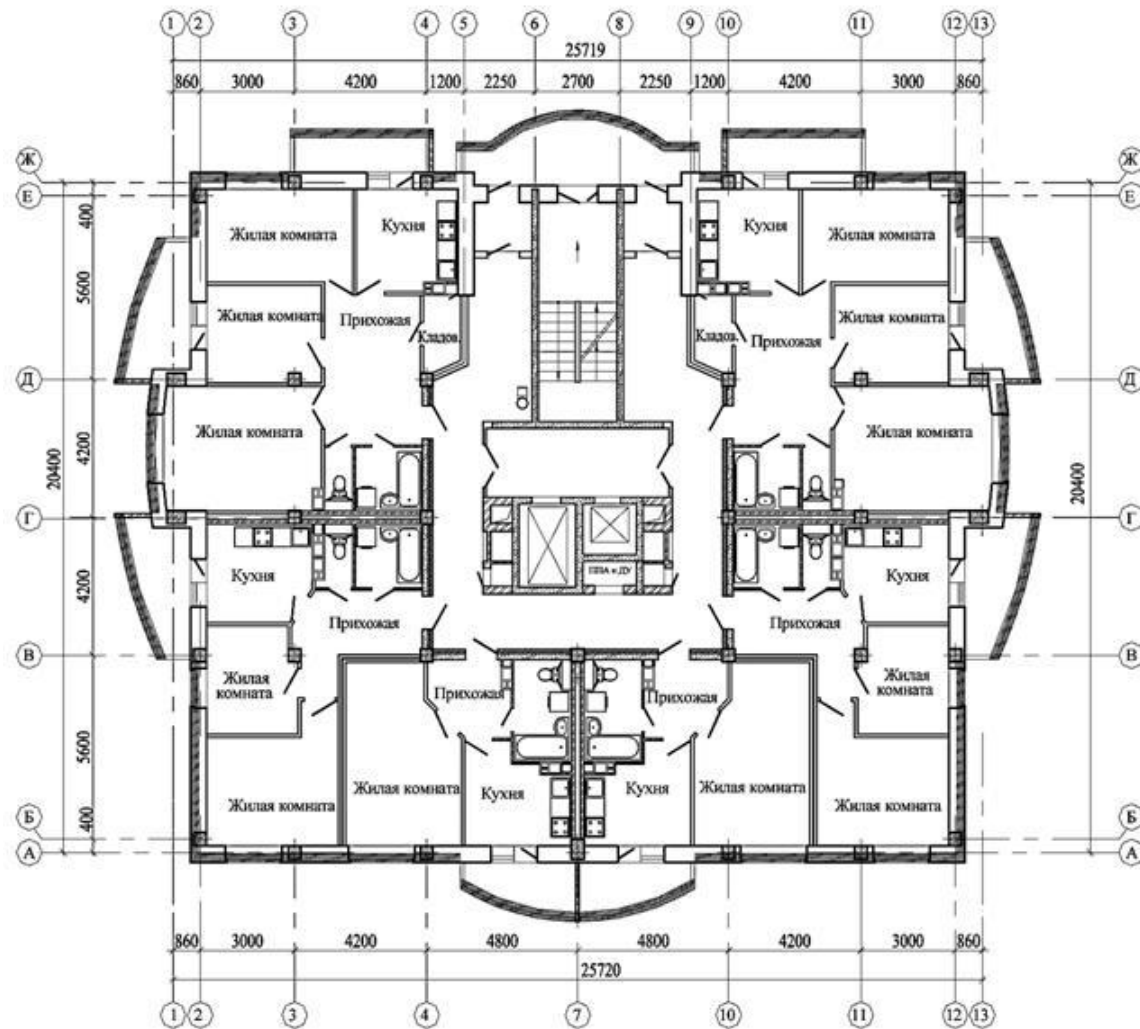
продолжение приложения 1

Планировка №7



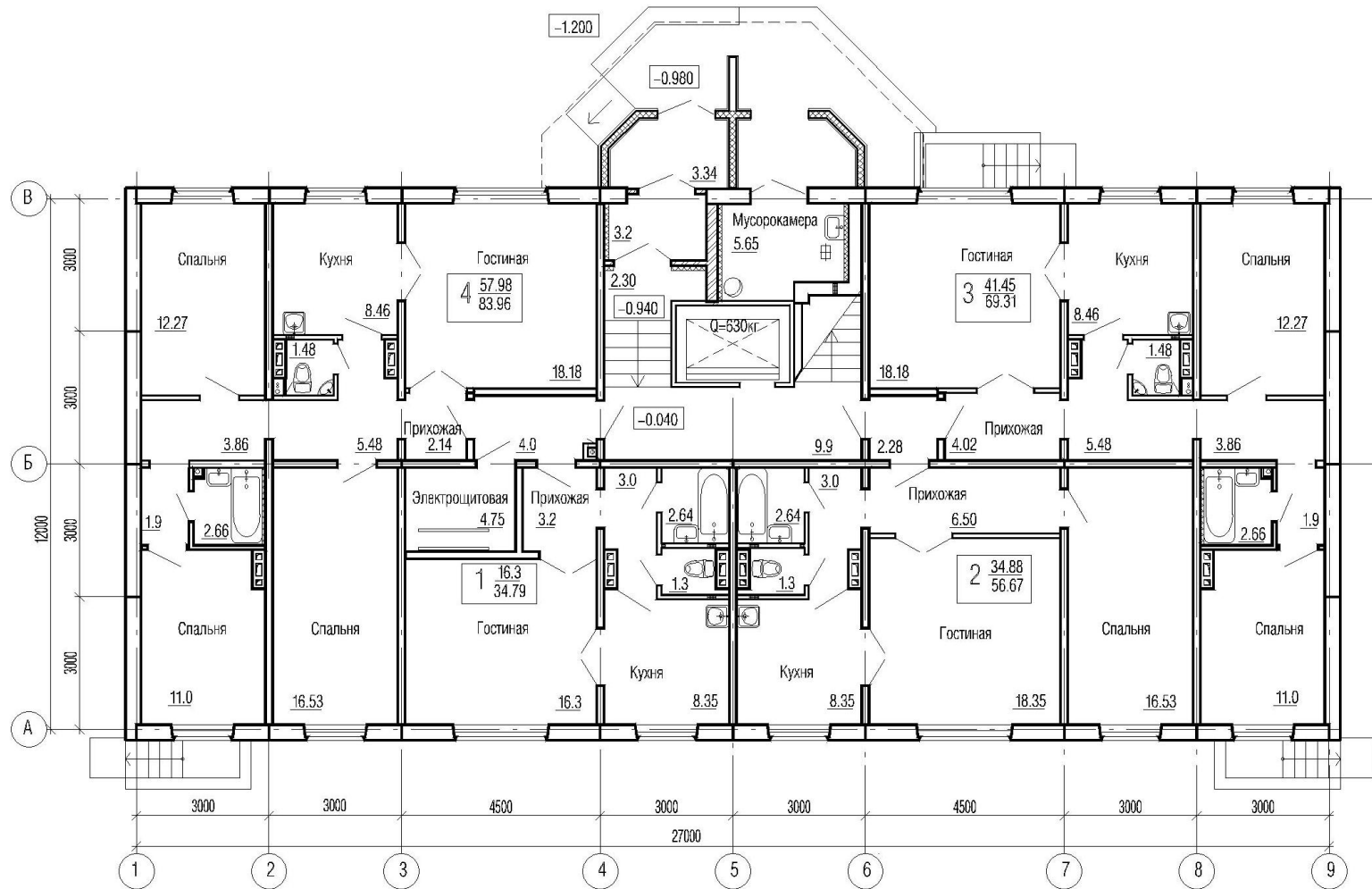
продолжение приложения 1

Планировка №9



продолжение приложения 1

Планировка №10



продолжение приложения 1

Планировка №11



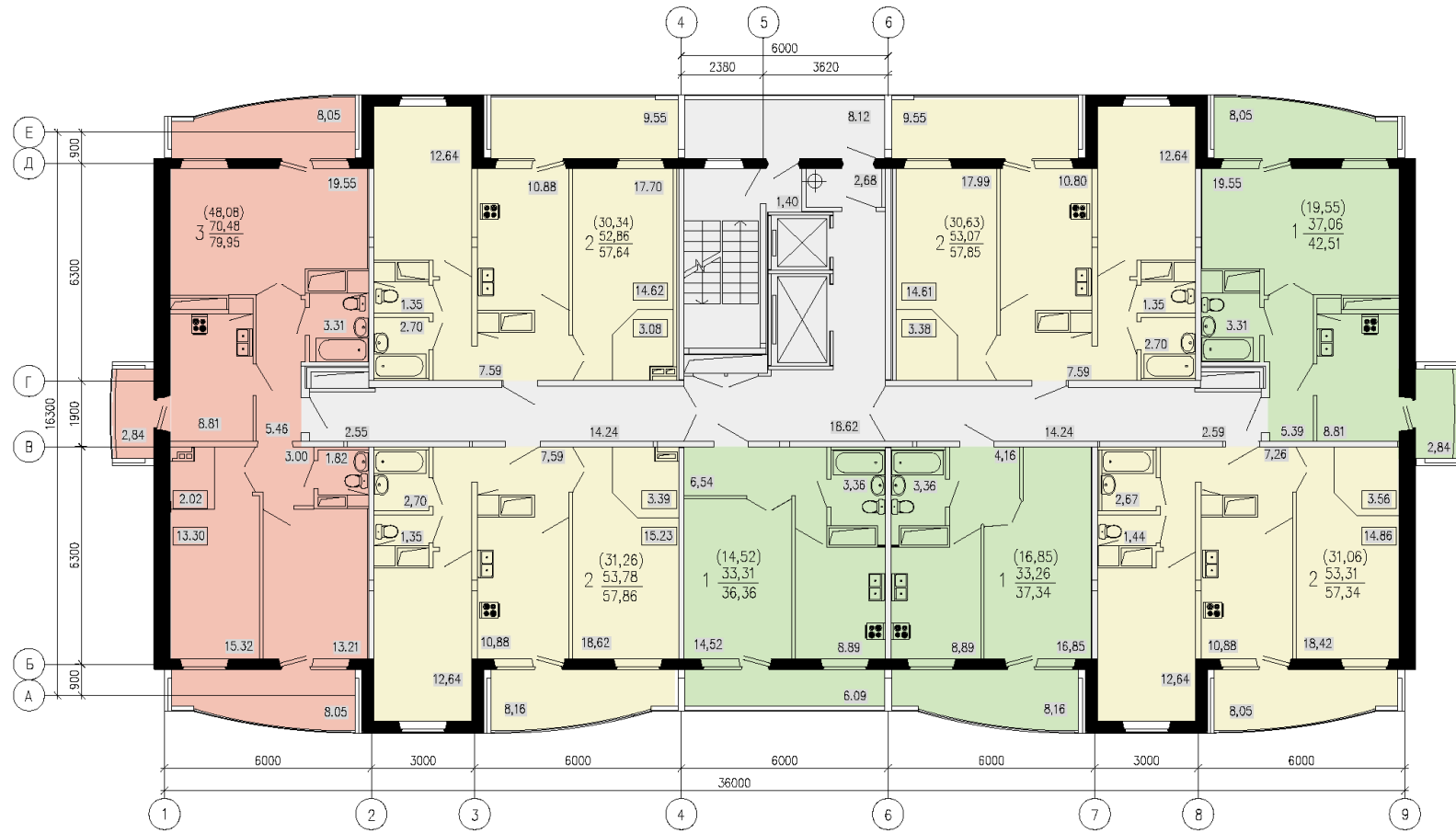
продолжение приложения 1

Планировка №12



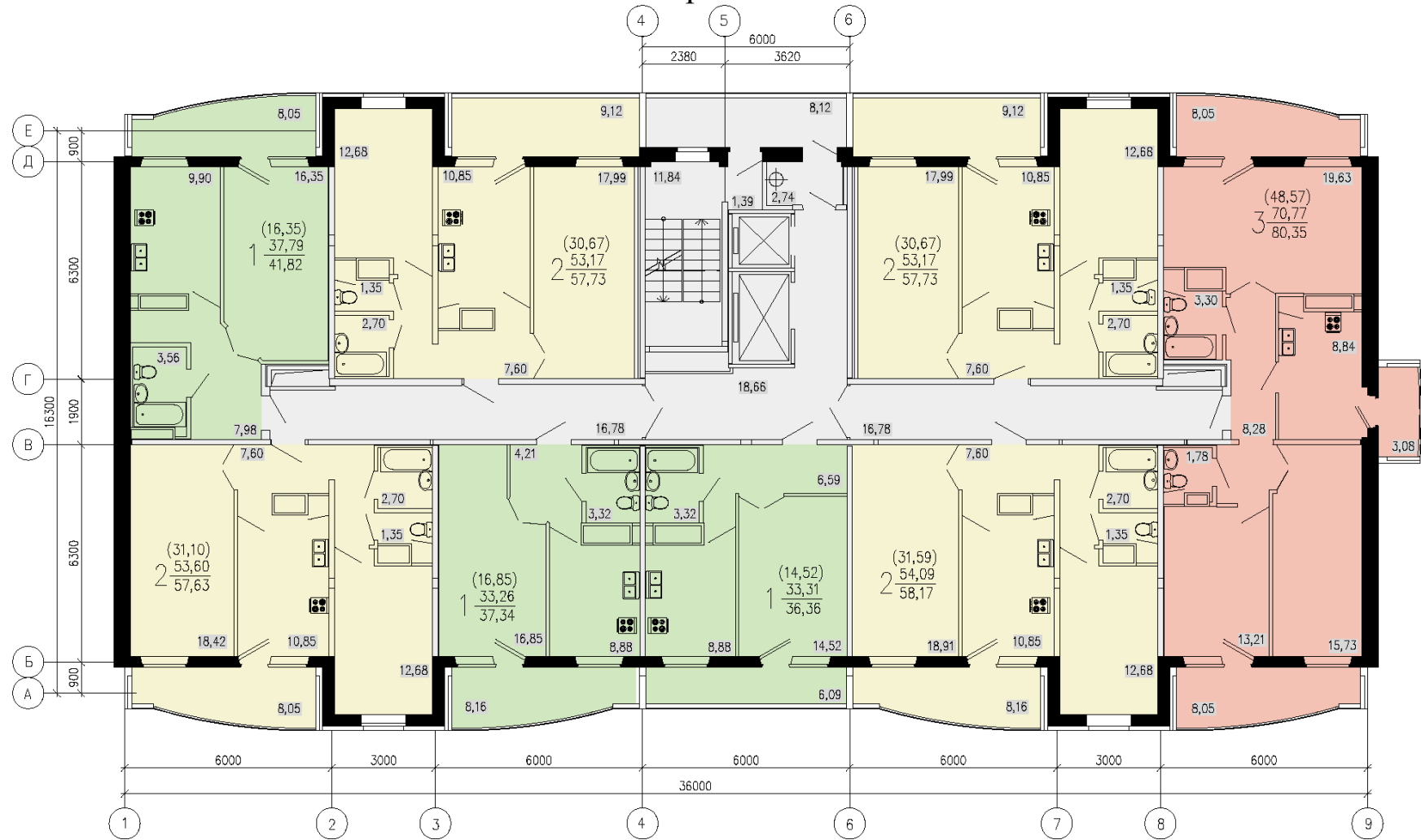
продолжение приложения 1

Планировка №13



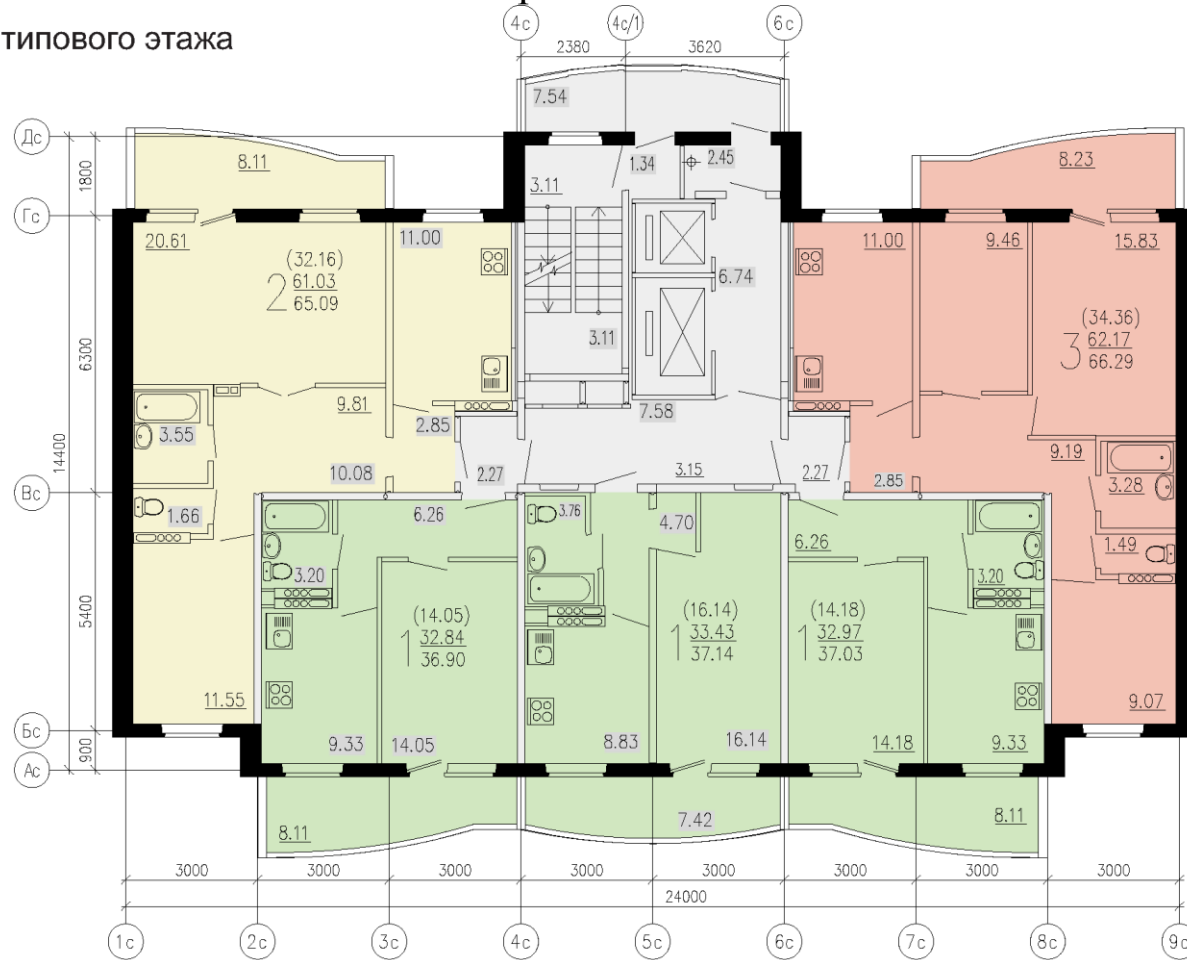
продолжение приложения 1

Планировка №14



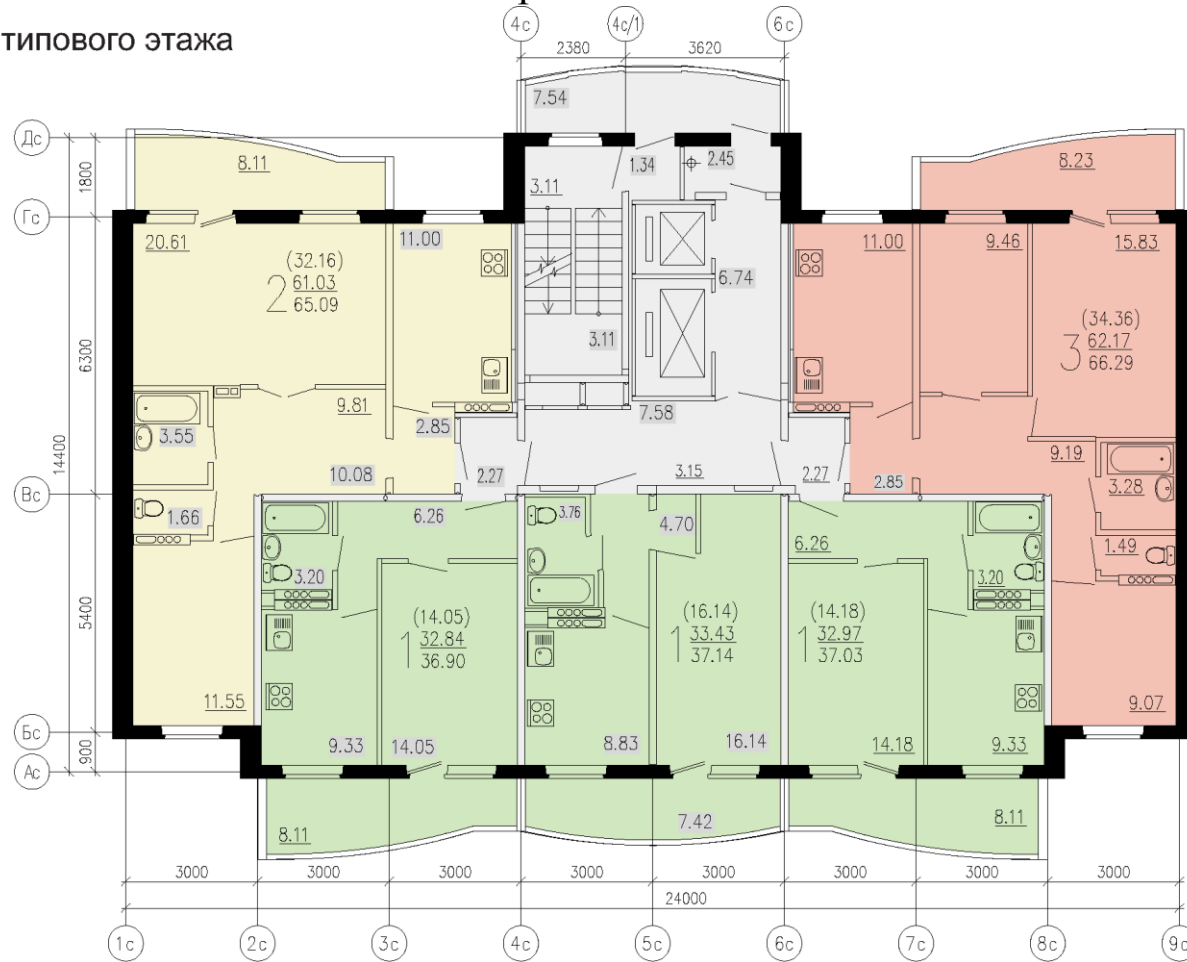
Планировка №15

План типового этажа



Планировка №16

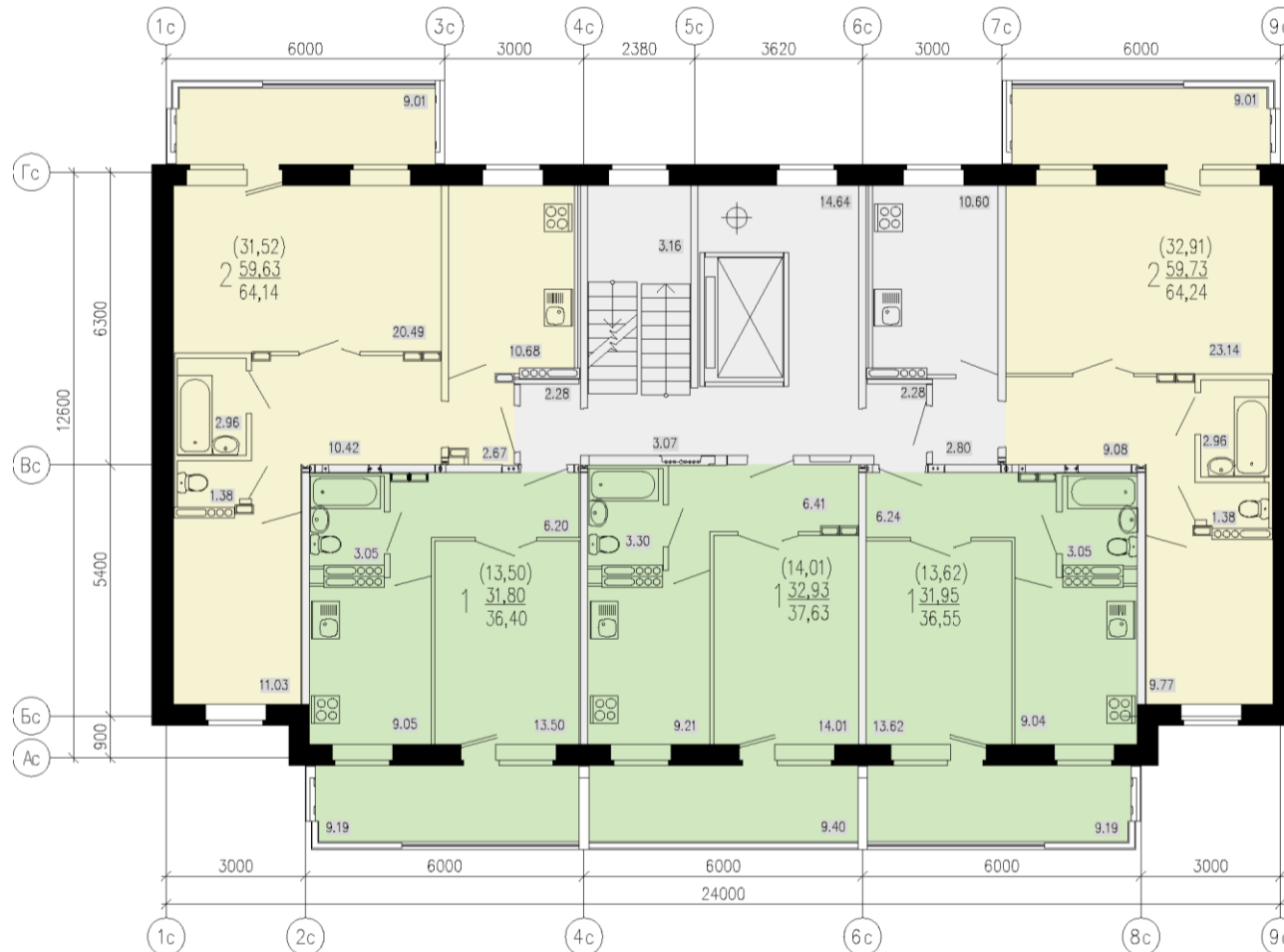
План типового этажа



продолжение приложения 1

Планировка №17

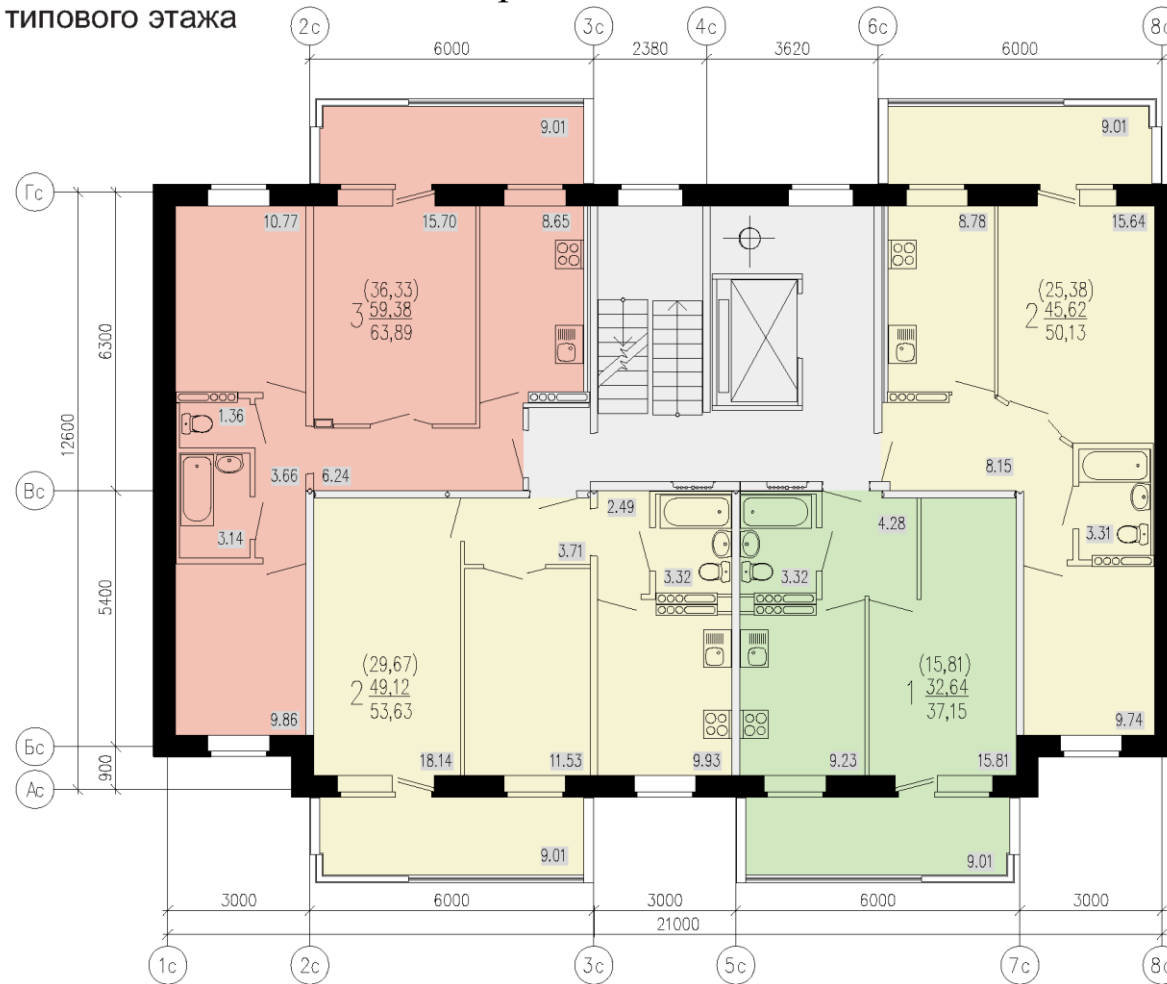
План типового этажа



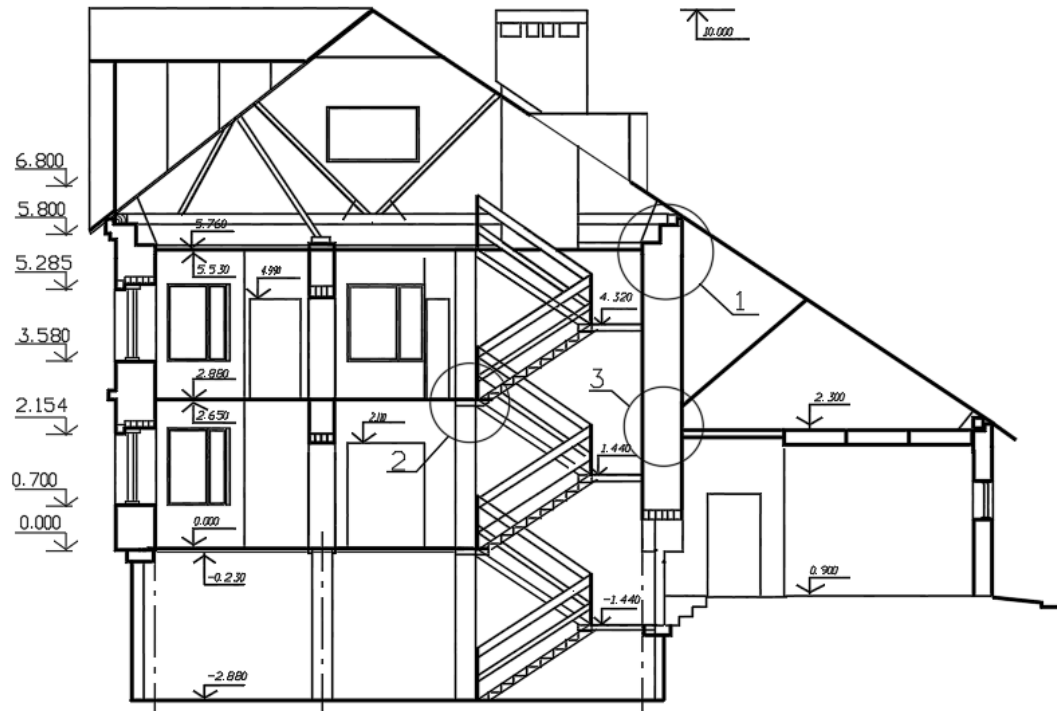
продолжение приложения 1

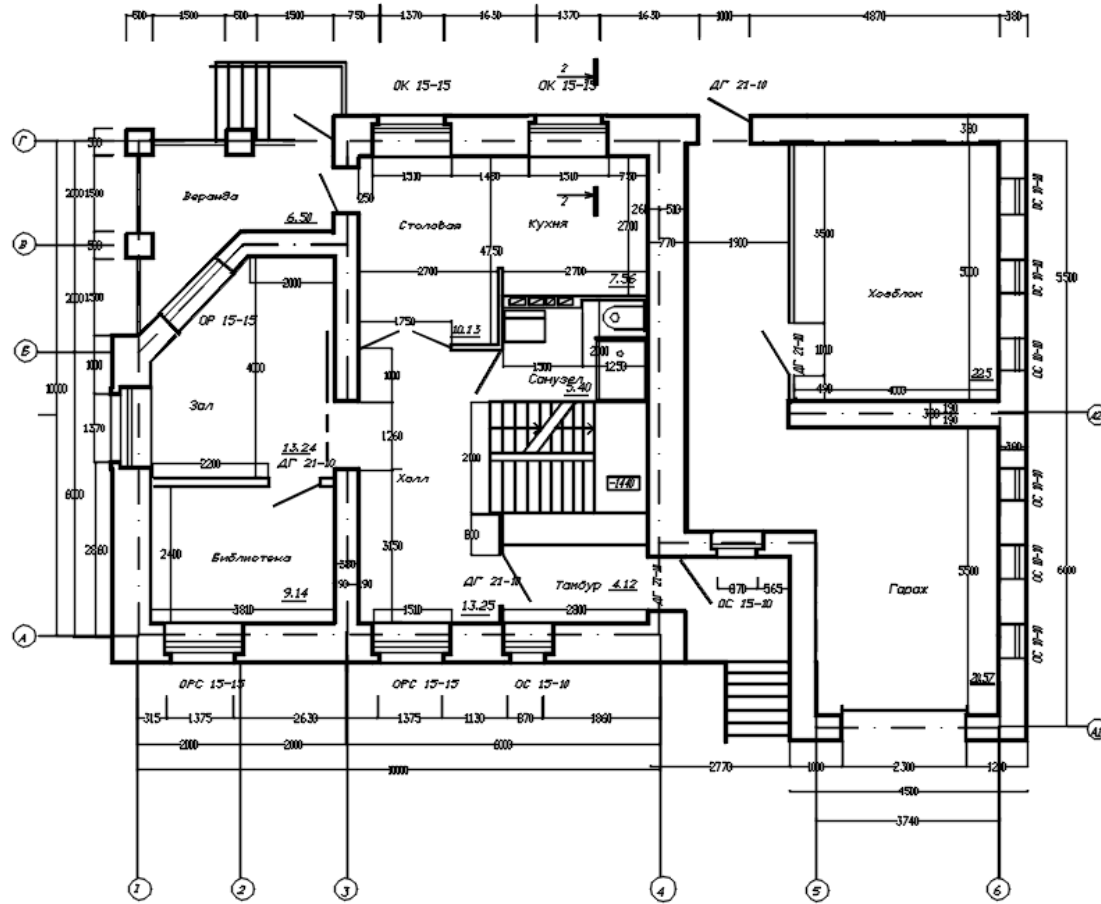
Планировка №18

План типового этажа

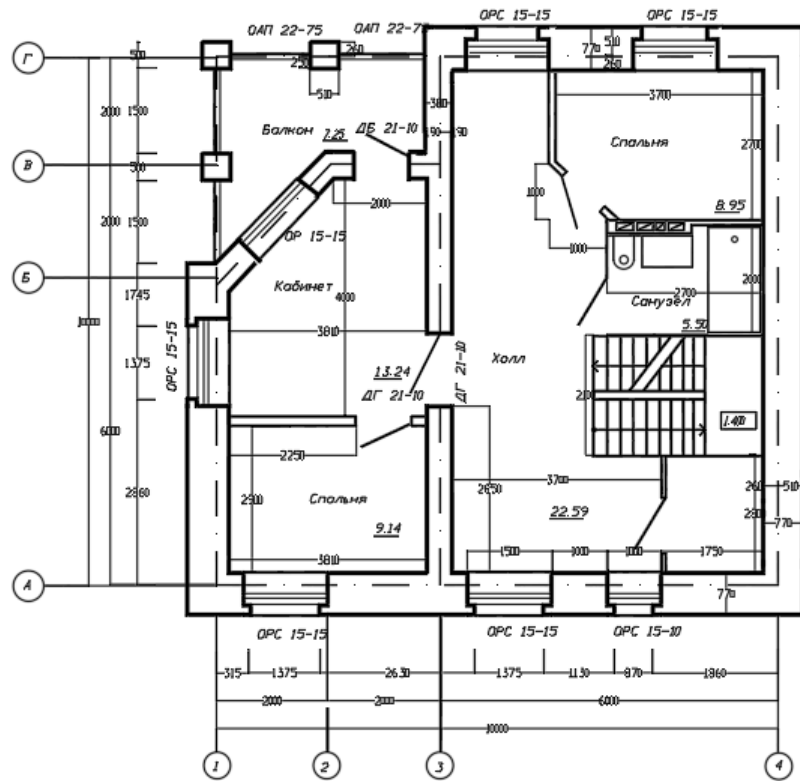


Планировка №19

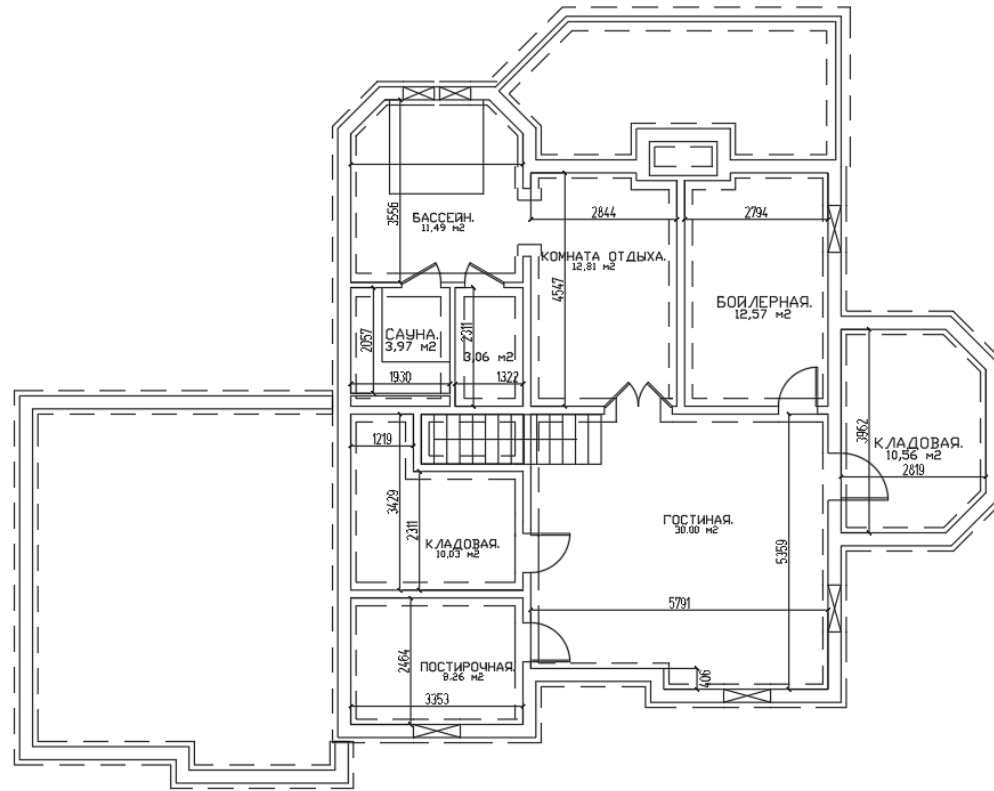




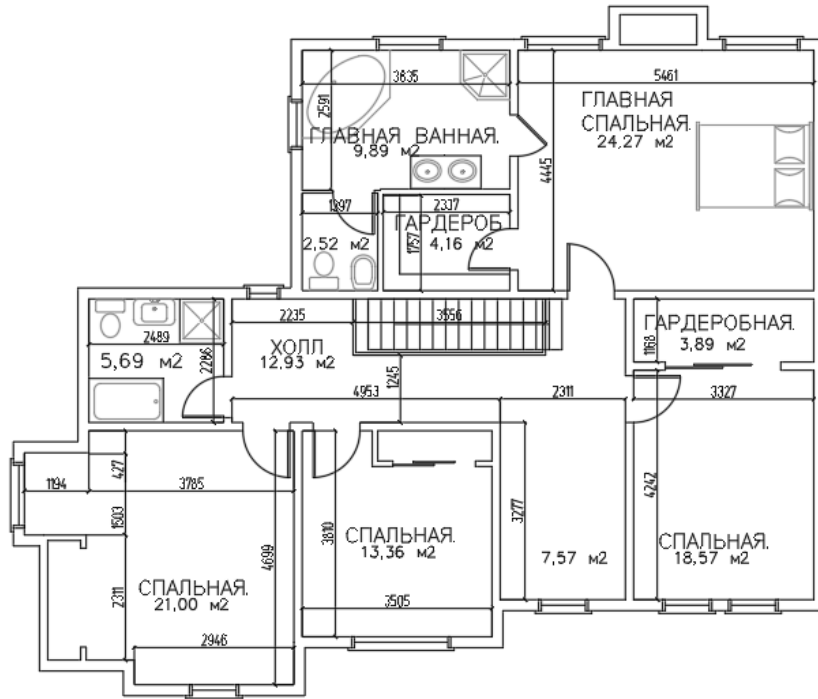
продолжение приложения 1



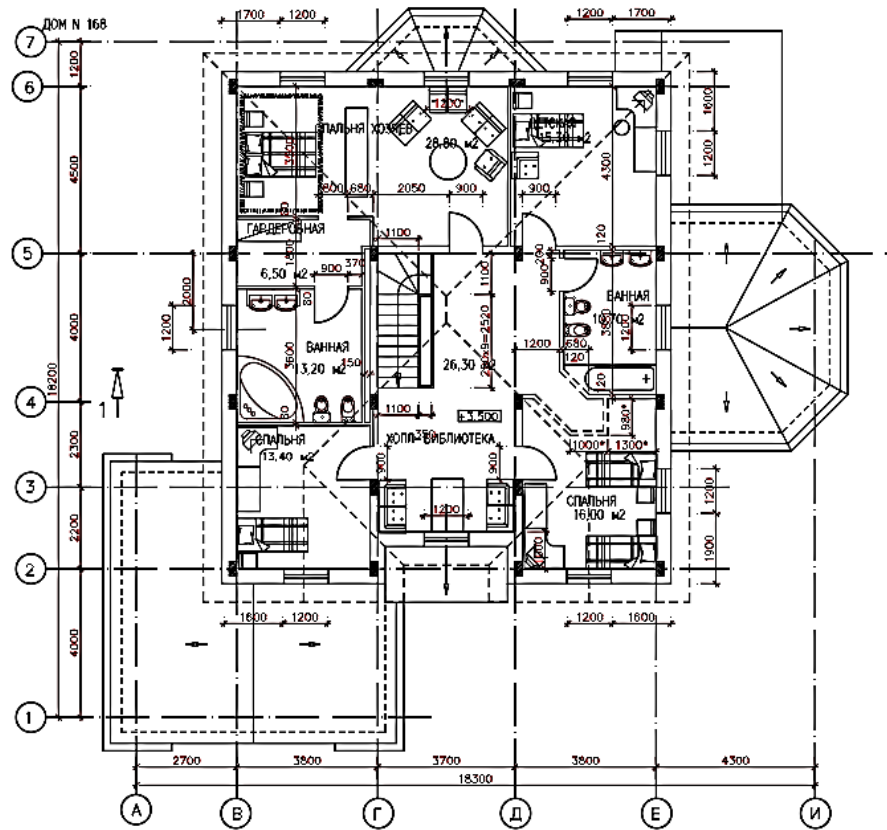
Планировка №20



продолжение приложения 1



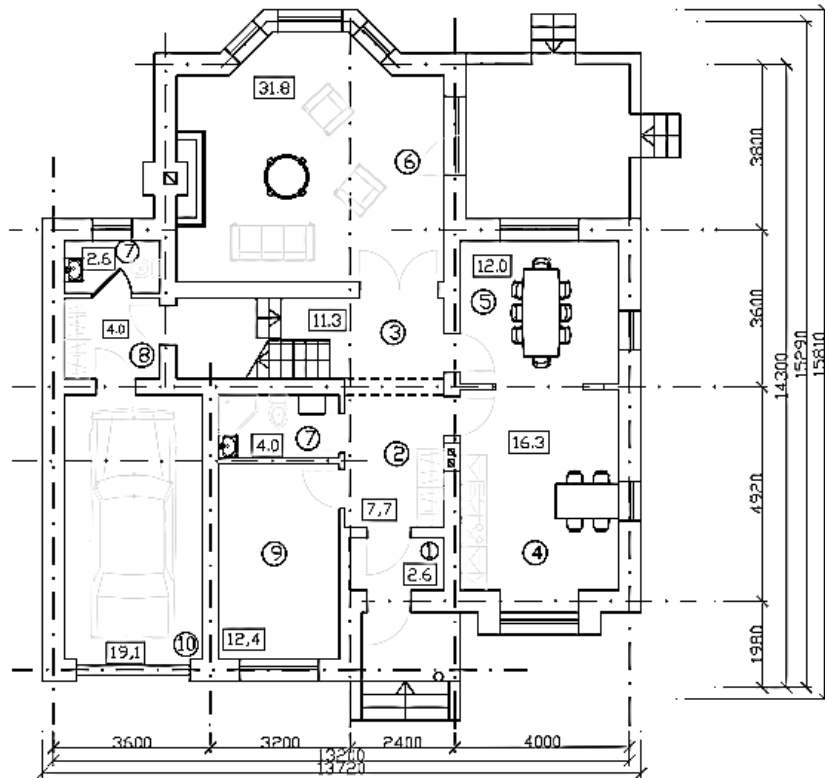
Планировка №21

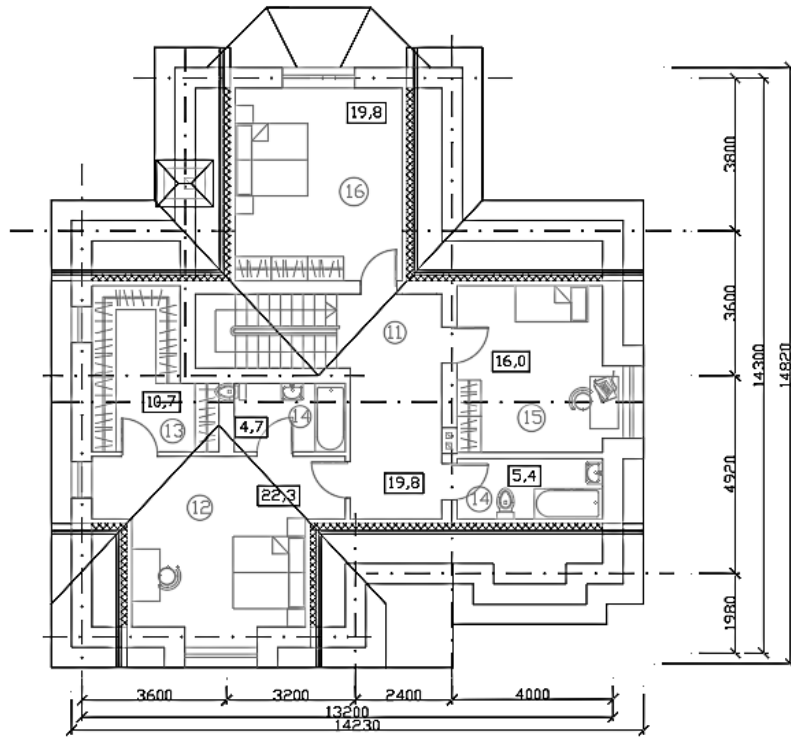


Планировка №22

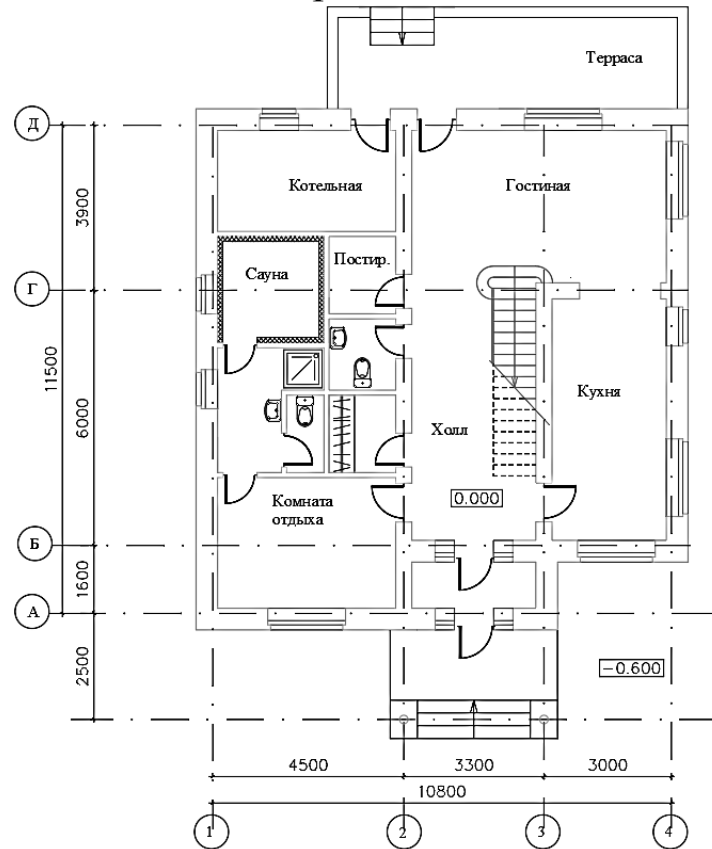


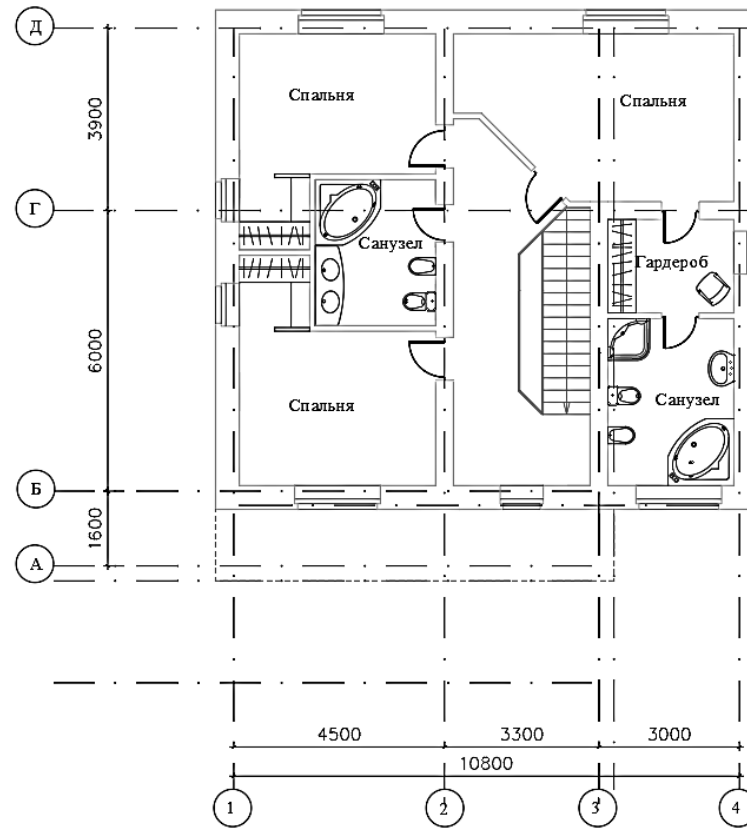
продолжение приложения 1





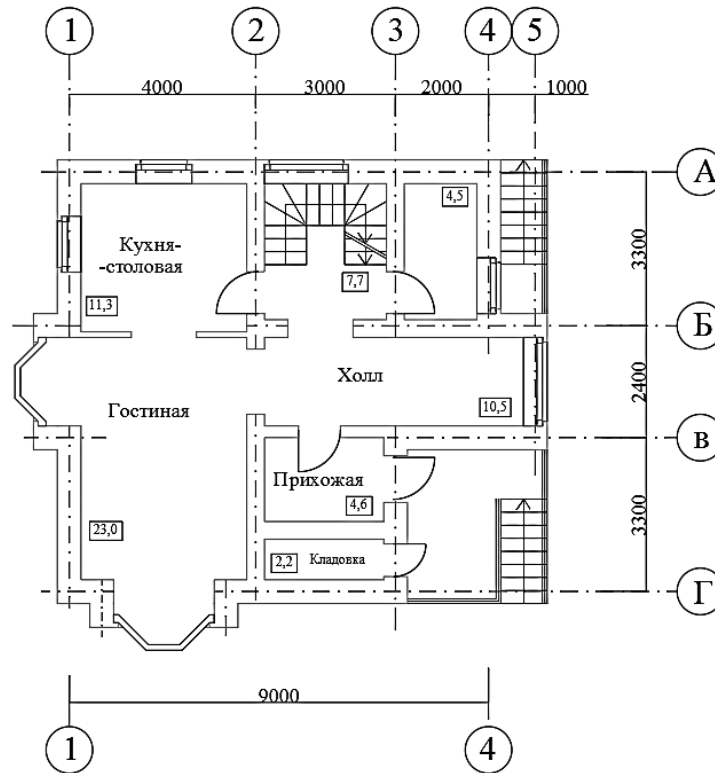
Планировка №23

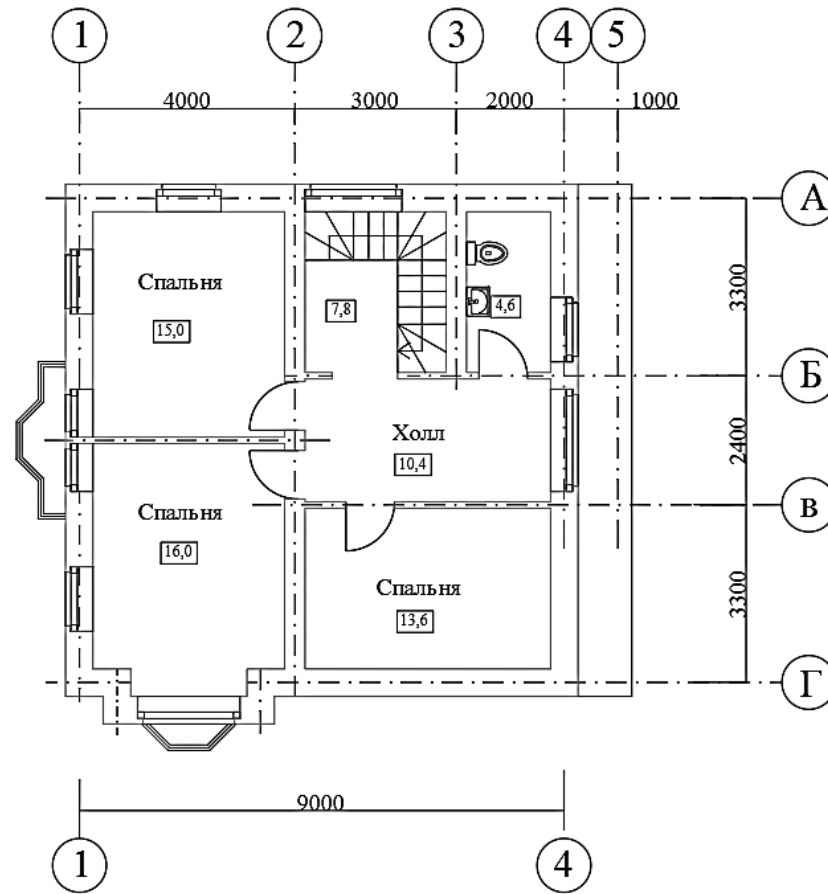




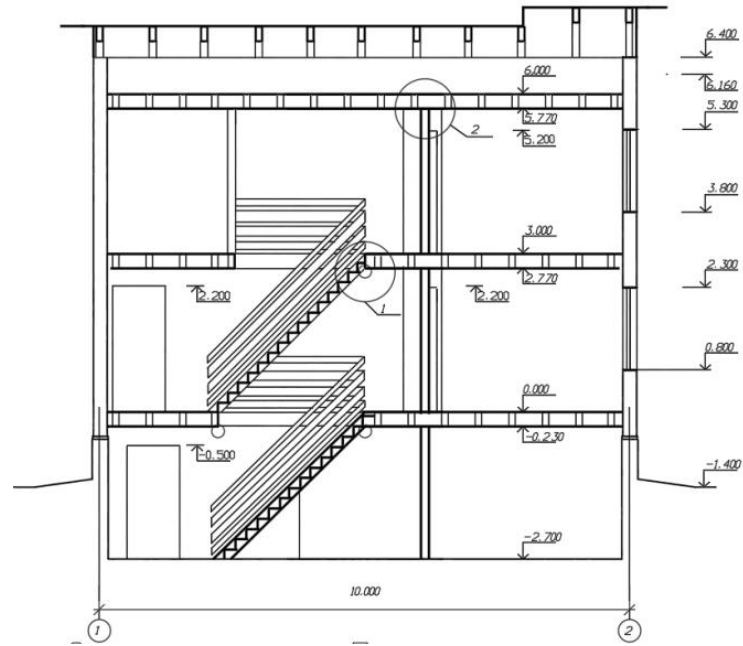
продолжение приложения 1

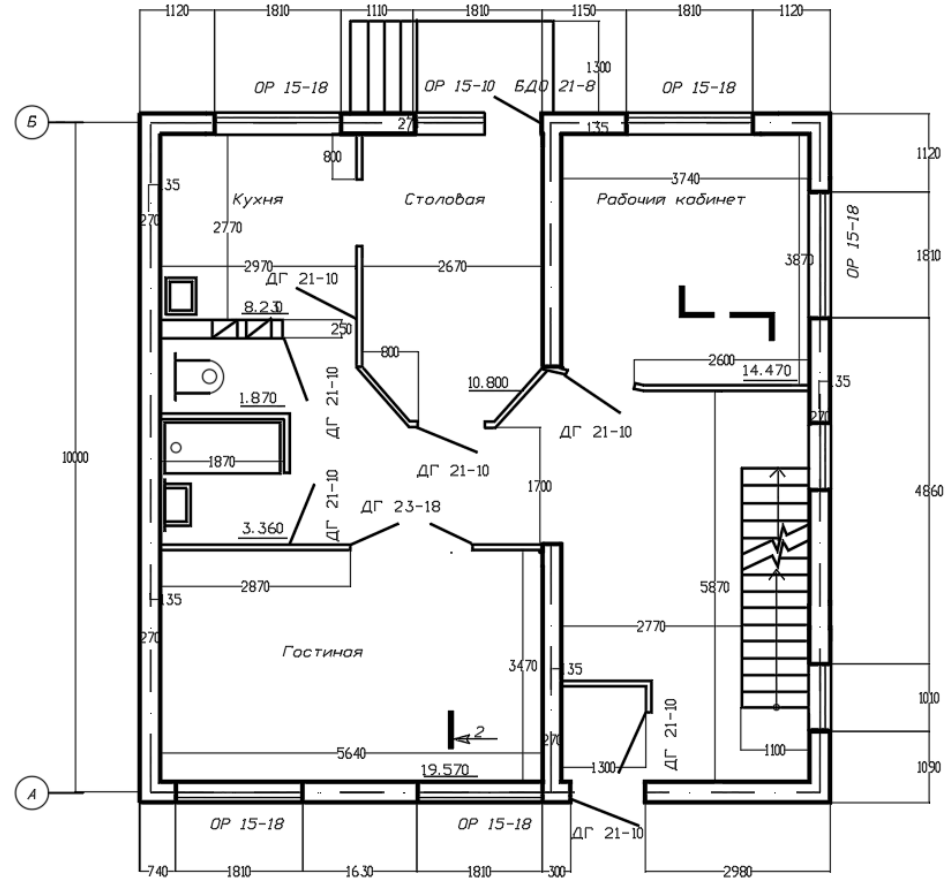
Планировка №24





Планировка №25

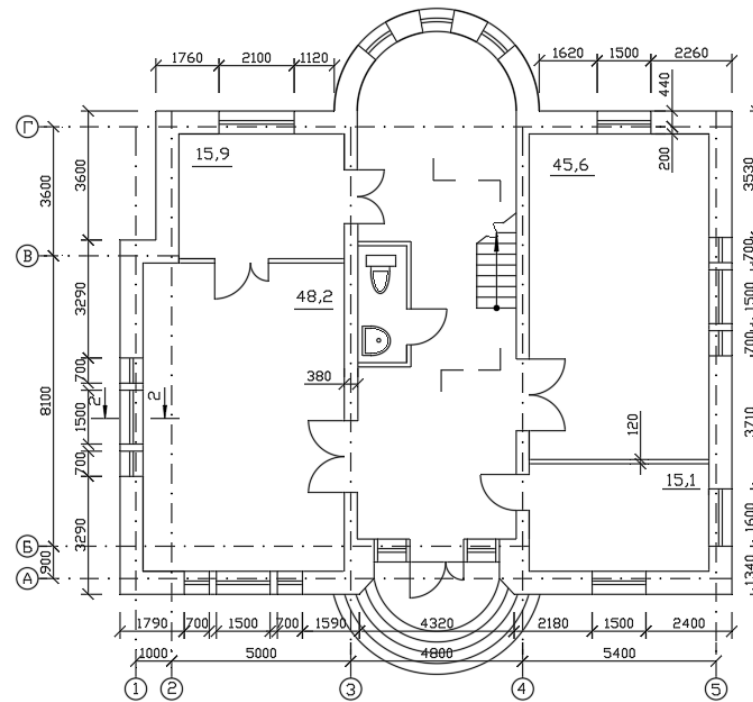


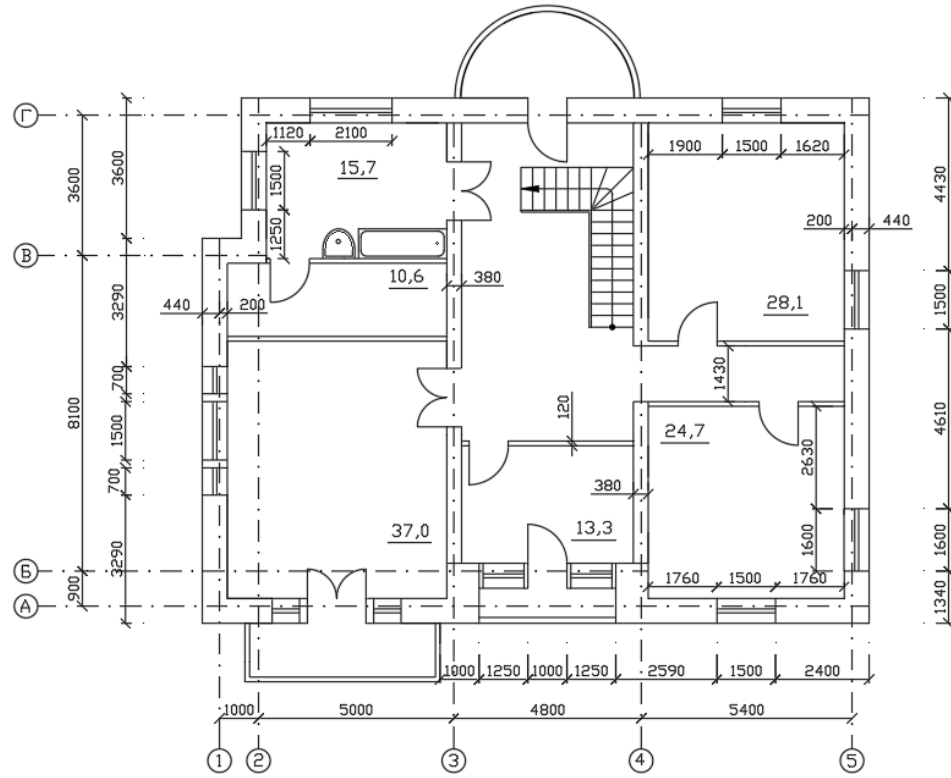


Планировка №26



продолжение приложения 1





Форма титульного листа курсовой работы (проекта)

Минобрнауки России	
Юго-Западный государственный университет	
Кафедра _____	
КУРСОВАЯ РАБОТА (ПРОЕКТ)	
по дисциплине « _____ » (наименование дисциплины)	
на тему « _____ » _____ »	
Направление подготовки (специальность) _____ (код, наименование)	
Автор работы (проекта) _____ (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)
Группа _____	
Руководитель работы (проекта) _____ (инициалы, фамилия)	_____ (подпись, дата)
Работа (проект) защищена _____ (дата)	
Оценка _____	
Члены комиссии _____ (подпись, дата)	_____ (инициалы, фамилия)
_____ (подпись, дата)	_____ (инициалы, фамилия)
_____ (подпись, дата)	_____ (инициалы, фамилия)
Курск 20 __ г.	
Ф 04.026	

Форма задания на курсовую работу (проект)

**Минобрнауки России
Юго-Западный государственный университет**

Кафедра _____

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ (ПРОЕКТ)Студент _____ шифр _____ группа _____
(фамилия, инициалы)

1. Тема _____

2. Срок представления работы (проекта) к защите « ____ » _____ 20 ____ г.

3. Исходные данные (для проектирования, для научного исследования):

4. Содержание пояснительной записки курсовой работы (проекта):

4.1. _____

4.2. _____

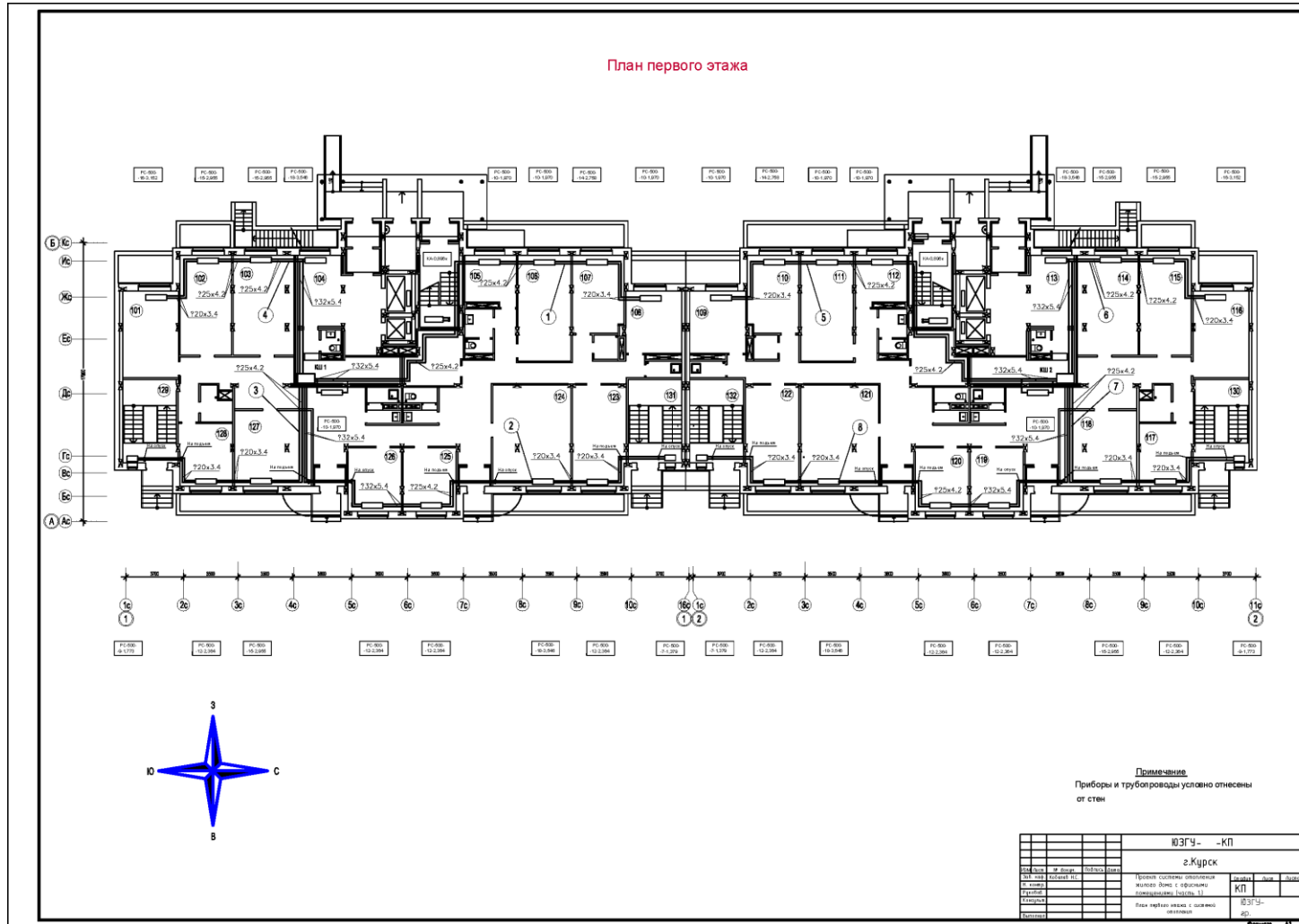
4.3. _____

4.4. _____

4.5. _____

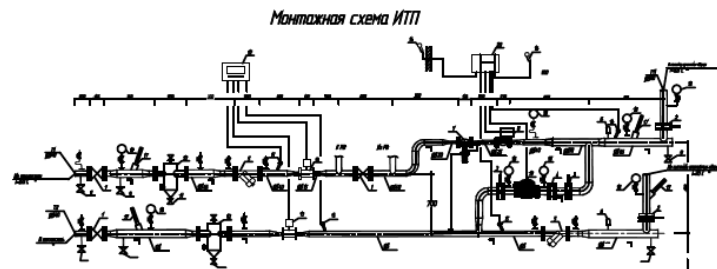
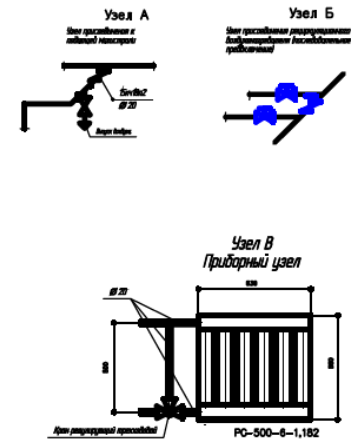
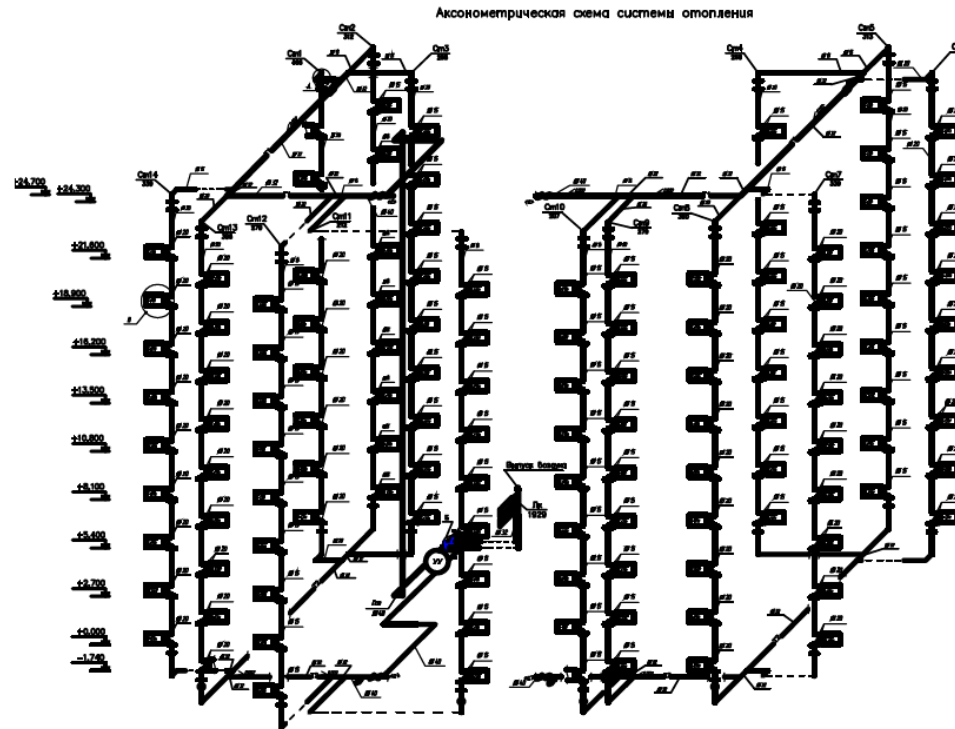
5. Перечень графического материала:

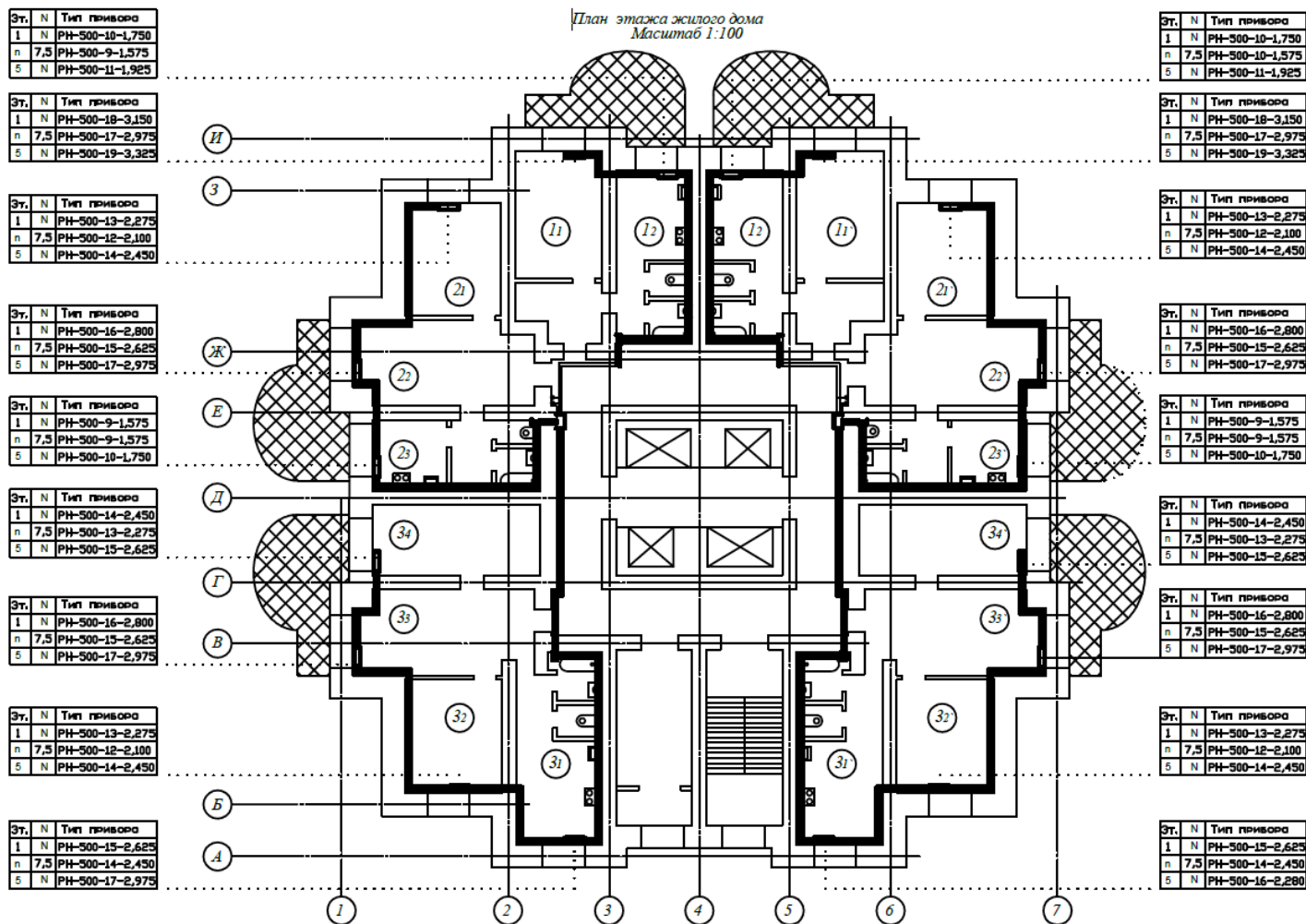
Руководитель работы (проекта) _____
(подпись, дата) (инициалы, фамилия)Задание принял к исполнению _____
(подпись, дата) (инициалы, фамилия)

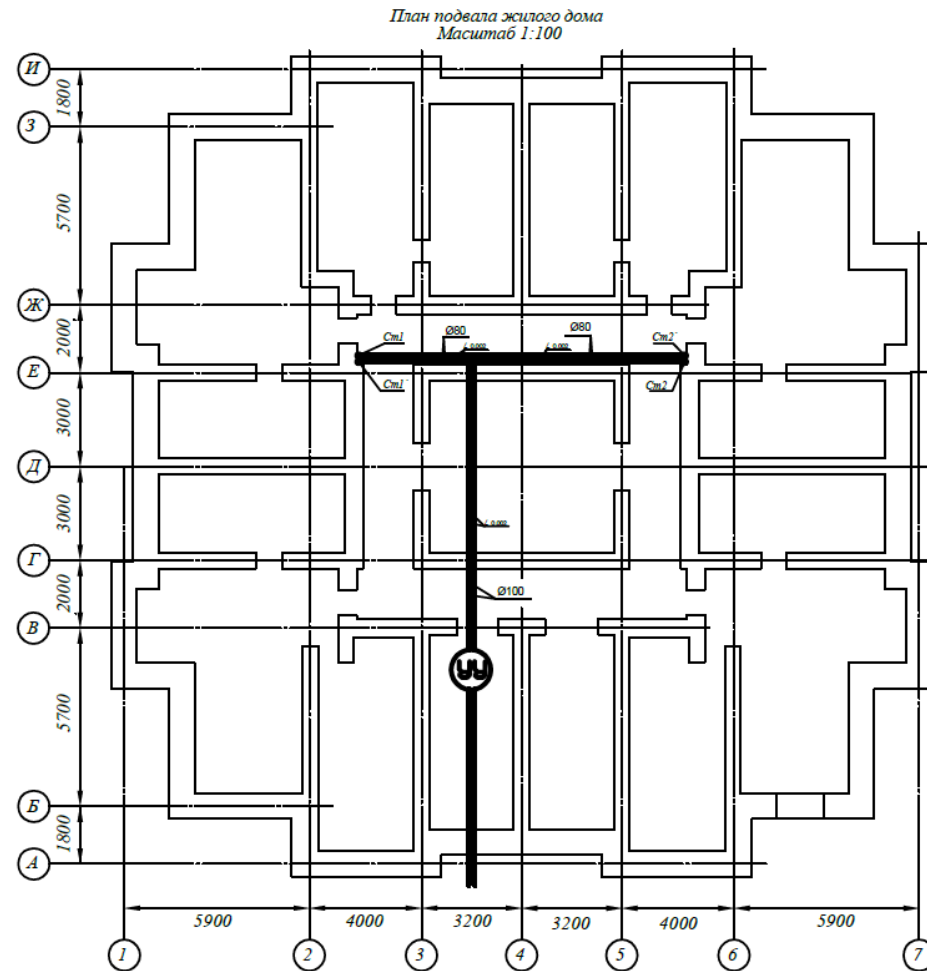


Продолжение приложения 3

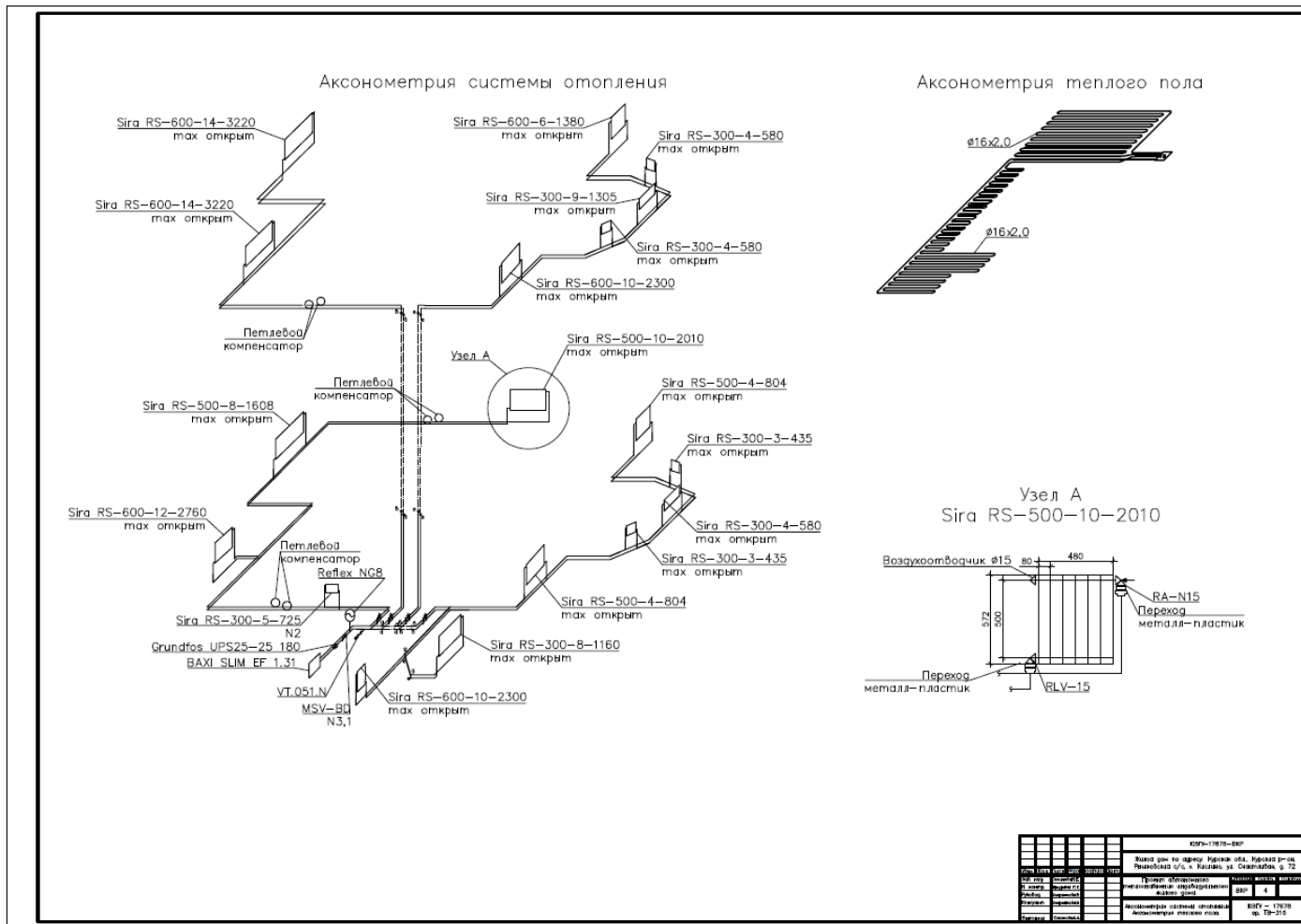
Продолжение приложения 3



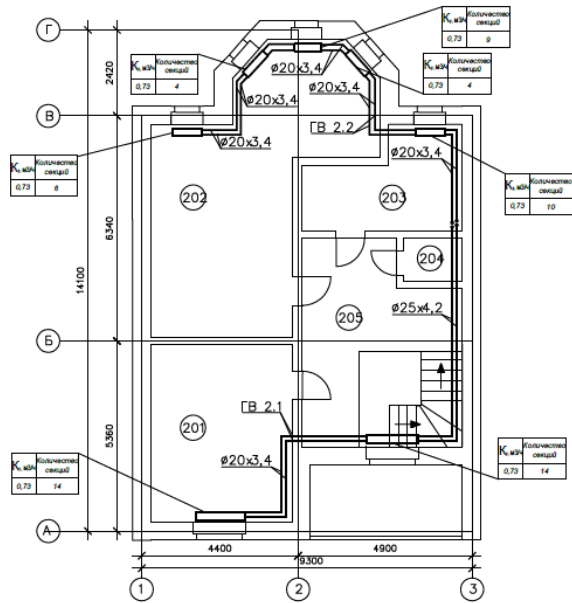




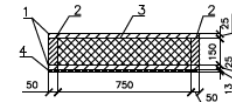
Продолжение приложения 3



План второго этажа



Чердачное перекрытие

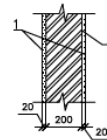


- 1- сплошная обрешетка из доски
- 2- балка деревянная
- 3- плиты минераловатные IZOVOL Л-35
- 4- подшивка из ГКЛ

Экспликация помещений

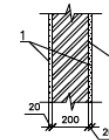
Номер помещения	Назначение	Площадь, кв. м	Объем, куб. м
201	Спальня	20,0	
202	Спальня	24,0	
203	Ванная комната	7,64	
204	Сарай	14,56	
205	Лодж.	6,28	

Внутренние перегородки жилого дома



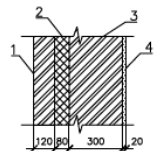
- 1- штукатурка (випсоперлитовый раствор)
- 2- газосиликатный блок

Внутренние перегородки гаража



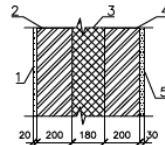
- 1- штукатурка (цементно-песчаный раствор)
- 2- керамзитный блок

Наружная стена гаража



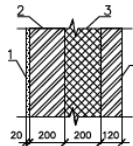
- 1- кирпич керамический пустотный
- 2- пенополистирол
- 3- газосиликатный блок
- 4- штукатурка (випсоперлитовый раствор)

Внутренняя стена с гаражом



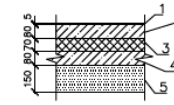
- 1- штукатурка (випсоперлитовый раствор)
- 2- керамзитный блок
- 3- пенополистирол
- 4- керамзитный блок
- 4- штукатурка (цементно-песчаный раствор)

Наружная стена гаража

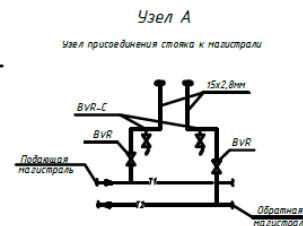
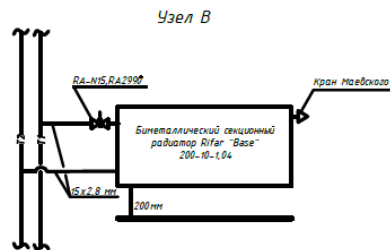
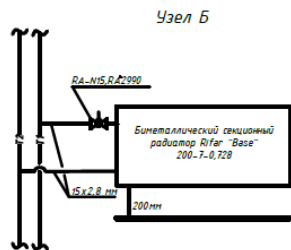
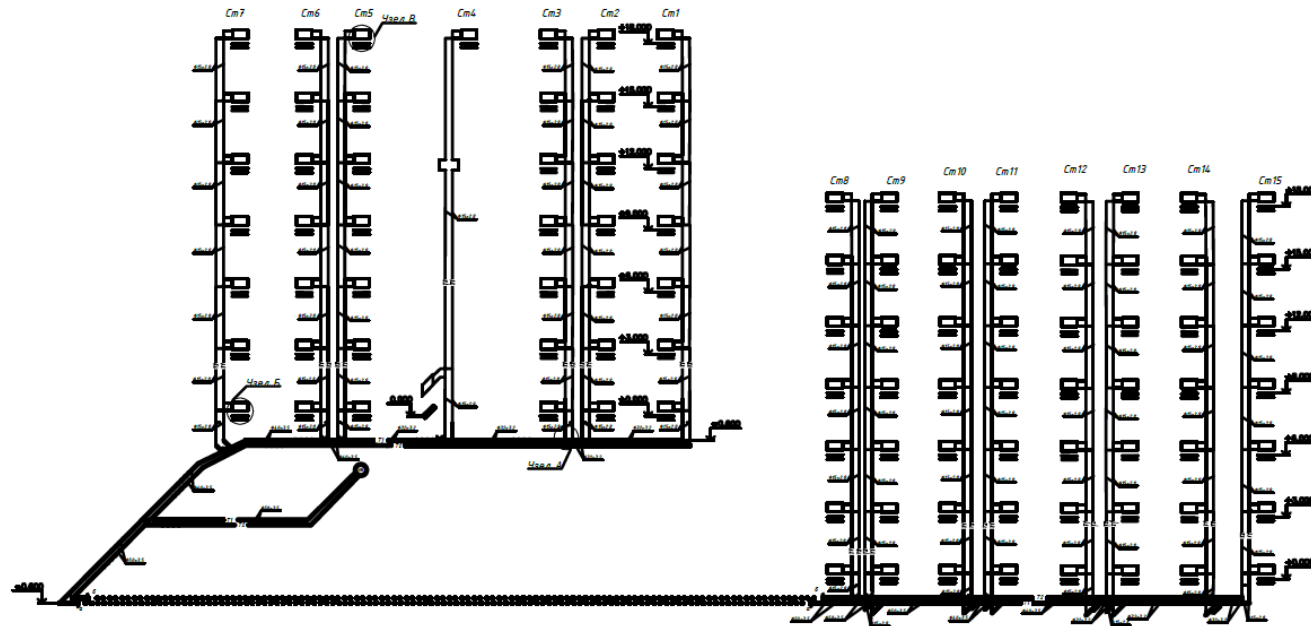


- 1- штукатурка (цементно-песчаный раствор)
- 2- керамзитный блок
- 3- пенополистирол
- 4- кирпич керамический пустотный

Полы на грунте



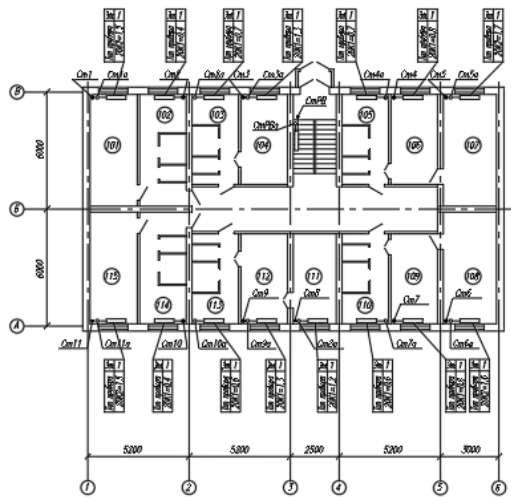
- 1- линолеум
- 2- бетонная стяжка
- 3- плиты минераловатные IZOVOL Л-35
- 4- бетонная стяжка
- 5- засыпка из песка



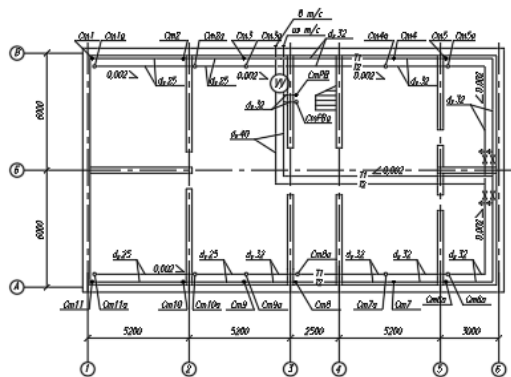
Условные обозначения

- RA-NB термостатический клапан с термостатическим элементом
- BVR кран шаровой латунный прямой
- BVR-C кран шаровой сливной

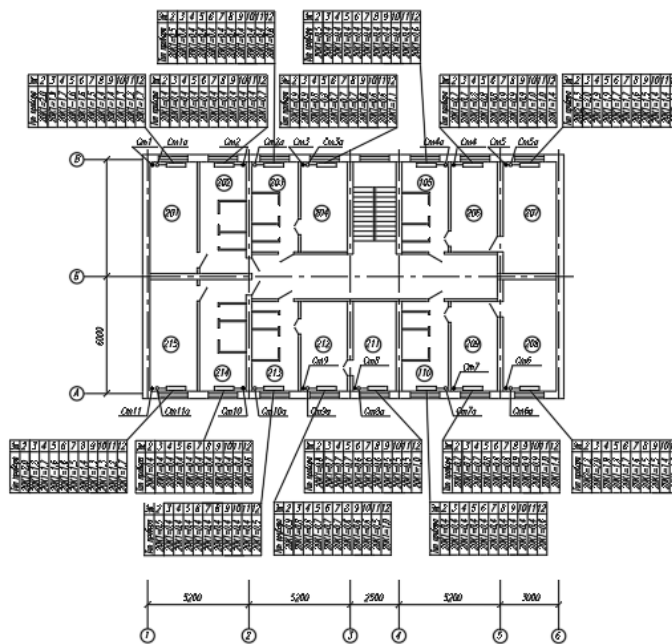
План первого этажа здания



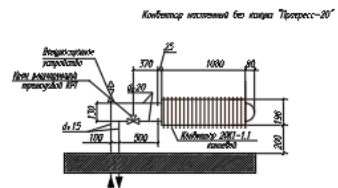
План подвала здания



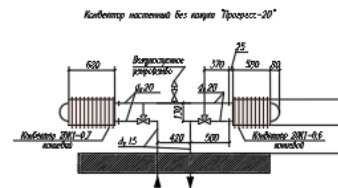
План типового этажа здания



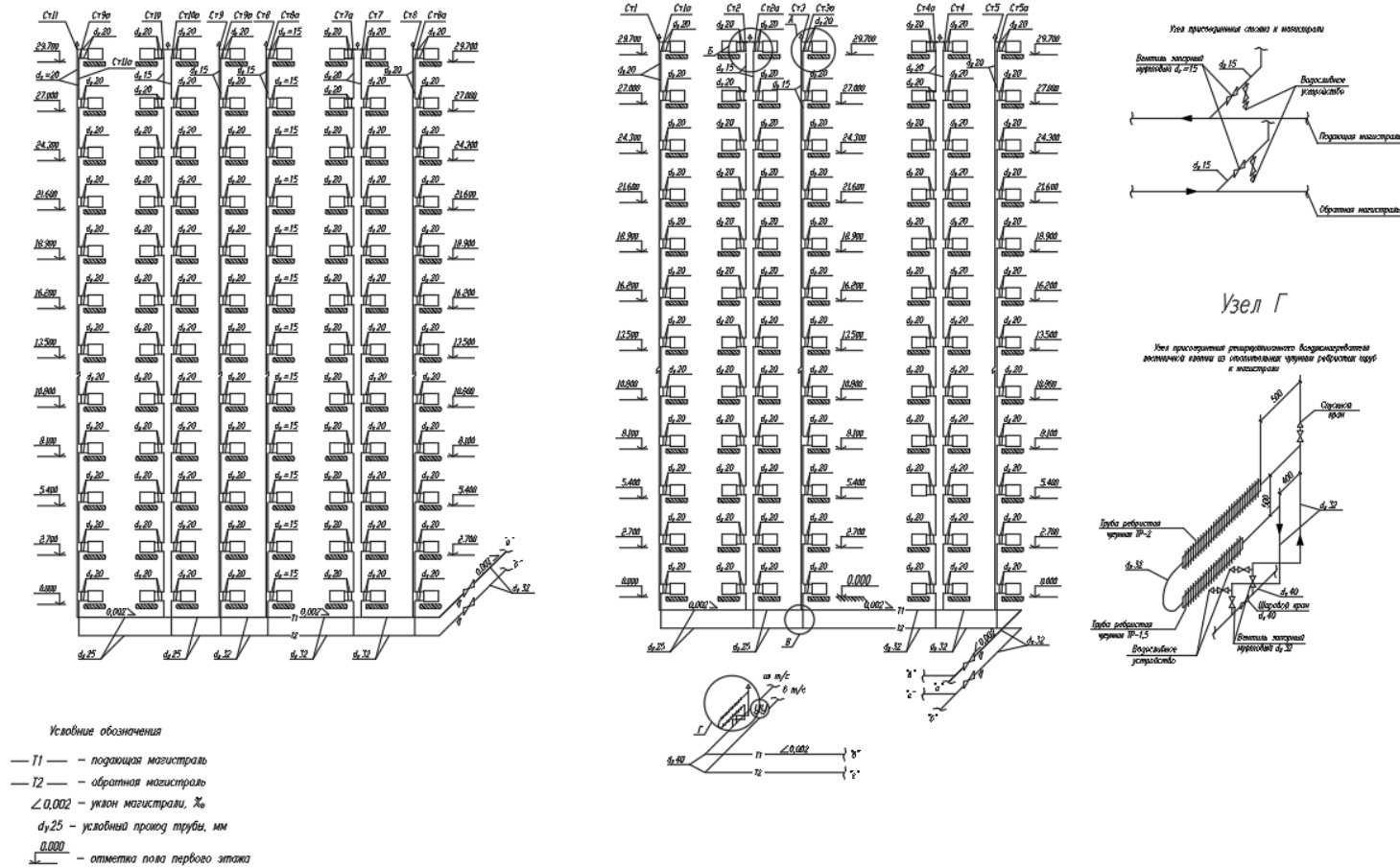
Узел А



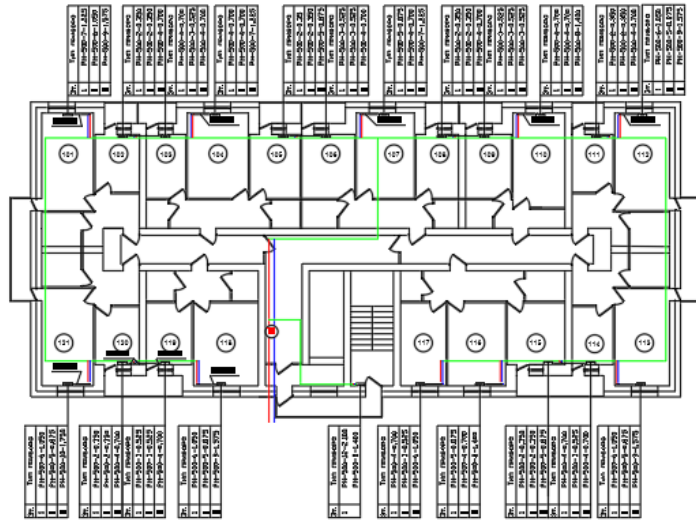
Узел Б



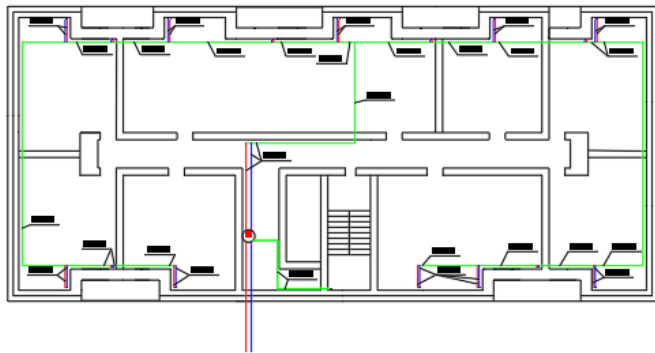
АксонOMETрическая схема системы отопления



План первого этажа



План подвала



Монтажная схема трубопровода

