



ГРУППА КОМПАНИЙ «КОММУНЖИЛПРОЕКТ»

тел/факс 8 (812) 602-78-97

[contact@kommproekt.ru](mailto:contact@kommproekt.ru)

[www.kommproekt.ru](http://www.kommproekt.ru)

---

**РП VV.W 01.10-2012**

Обозначение документа

## **РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

### **VISUAL VECTOR. WATERSUPPLY**

**Гидравлический расчет внутренних сетей водопровода**

**ВЕРСИЯ 8.0**

**Петрозаводск**

**2012**

**СОДЕРЖАНИЕ**

СОДЕРЖАНИЕ	2
1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ	3
1.1 Назначение программы	3
1.2 Демонстрационная версия	3
2 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА	4
2.1 Определение расчетных расходов	4
2.2 Определение диаметров трубопроводов и диссипации энергии (потерь напора) на участках трубопроводов	7
2.3 Обобщенная схема гидравлического расчета	8
3 ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ	15
3.1 Основные элементы главного окна программы	15
3.2 Структура главного меню программы «Внутренний водопровод»	16
3.3 Инструментальная панель программы	17
4 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ В ПРОГРАММЕ	19
4.1 Пример 1. Сбор нагрузок по системе водоснабжения здания высшего учебного заведения	19
4.2 Пример 2. Укрупненный расчет водоснабжения жилого дома	40

## 1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### 1.1 Назначение программы

Программа «Visual Vector. Внутренний водопровод» предназначена для расчета внутренних сетей водопровода зданий и сооружений в соответствии с действующим СНиП 2.04.01-85\*. Отличительной особенностью программы являются высокая скорость построения расчетной схемы и развитая система отчетных форм: для формирования графа, описывающего топологическую структуру сети, в программе используется собственный графический редактор, а пользователь может самостоятельно создавать свои отчеты (вплоть до имитации ручного счета), используя специальные шаблоны.

Программа «Visual Vector. Внутренний водопровод» значительно упрощает процедуру гидравлического расчета внутренних сетей водоснабжения, освобождая инженера от громоздких и утомительных расчетов. Все, что необходимо сделать для того, чтобы получить подробный, стилизованный под ручной счет отчет со всеми необходимыми выкладками и таблицами - это подготовить расчетную схему сетей водопровода и ввести информацию о характере водопотребления объекта.

Подготовка расчетной схемы предельно проста: требуется «нарисовать» в графическом редакторе программы безмасштабную схему сетей водоснабжения и ввести информацию о количестве приборов и длине участков. Схема может быть детализирована до нужной степени.

Процесс заполнения исходных данных о характере водопотребления объекта предельно упрощен: никаких дублирующих таблиц и бесконечных справочников. Только минимально необходимый набор данных для проведения гидравлического расчета.

Программа позволяет производить поверочные расчеты для режима максимального водопотребления и на случай пожара, подбирает диаметры, отвечающие «оптимальным» скоростям движения воды в системе. Результаты расчета выводятся в виде подробных отчетов в формате Microsoft Word, которые могут быть легко отредактированы и выведены на печать. В отчете имеются все необходимые расчеты для определения расходов воды в системах холодного и горячего водоснабжения, мощности теплового потока для нужд системы горячего водоснабжения, расходов воды на отдельных участках сети, оборудования для учета расхода воды, потерь напора, потребных напоров на вводе здания и др.

### 1.2 Демонстрационная версия

Демонстрационная версия программы предназначена исключительно для ознакомления с «идеологией» моделирования, внешним видом программы, а также для проведения ограниченных численных экспериментов с несколькими примерами, поставляемыми с программой. Из демонстрационной версии удалена вся функциональная часть, отвечающая за построения пользовательских расчетных схем, отсутствуют некоторые расчетные функции. Перечень демонстрационных примеров, поставляемых с программой, приведен ниже:

- 1) Нагрузки. Расчет нагрузок для ВУЗа из примера №1 (раздел 4).
- 2) Двухэтажный дом. Укрупненный гидравлический расчет двухэтажного жилого дома из примера №2 (раздел 4).

## 2 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

### 2.1 Определение расчетных расходов

Диаметры распределительных сетей, насосы, водонагреватели и прочее оборудование выбирают на основании расчетных расходов, отражающих критические уровни нагрузки, при которых должна нормально функционировать проектируемая система.

Режимы водопотребления являются, как правило, нестационарными вероятностными процессами, на которые влияют различные факторы и случайные обстоятельства. Поэтому найти общее аналитическое решение в виде соответствующих расчетных формул невозможно.

Последнее обстоятельство объясняет большое количество расчетных методик, предназначенных для определения расчетных расходов в нашей стране и за рубежом. Уровень их сложности и степень адекватности различны. Не обсуждая здесь вопросы, связанные с преимуществами и недостатками методик определения расчетных расходов, более подробно остановимся на той, которая используется в СНиП 2.04.01-85\* (она же реализована в программе «Visual Vector. WaterSupply», в которой, впрочем, при желании можно использовать и альтернативные методики).

В качестве базового положения методики СНиП 2.04.01-85\* используется гипотеза о стационарности случайного процесса водопотребления для отдельных характерных режимов. В частности, полагают, что в течение ограниченного интервала времени (например, часа наибольшего водопотребления) при некоторых неизменных условиях режим разбора воды на объектах того или иного назначения можно с достаточным приближением рассматривать как стационарный случайный процесс. Возможные состояния водоразборных приборов описываются формулой Эрланга. В данном случае эта формула может быть представлена в виде

$$m = f(N, P_N, P), \quad (2.1)$$

где  $m$  - расчетное количество одновременно действующих водоразборных приборов,  $N$  - количество водоразборных приборов, установленных на расчетном участке сети,  $P_N$  - вероятность действия каждого из установленных водоразборных приборов,  $P$  - заданная обеспеченность одновременного действия водоразборных приборов.

Поскольку значение  $N$  известно, то задача на первом этапе сводится к нахождению таких нормативных данных и способов их преобразования, которые позволили бы с необходимой точностью вычислить величину  $P_N$ . Величина  $P_N$  является постоянной величиной для конкретных условий водопотребления. Поэтому исходные данные для вычисления  $P_N$  должны представлять собой постоянные величины, отражающие средний характерный уровень разбора воды в час наибольшего водопотребления на таких объектах. Настоящим условиям отвечают данные, полученные в результате натурных измерений расхода воды на объектах того или иного назначения.

Как показывает анализ, такие данные практически не отличаются между собой для объектов одинакового назначения. Это объясняется тем, что в час наибольшего водопотребления удельные расходы на технологические нужды одинаковы, а потери воды минимальны, так как давления на вводах водопровода близки к необходимым и достаточным для зданий данной этажности, а температура в системах горячего водоснабжения не выходит из расчетных пределов. В остальное время условия водопотребления могут быть различными, что увеличивает диапазон изменения удельных суточных расходов воды и соответствующих им предельных значений коэффициентов часовой неравномерности, представляющих отношение математического ожидания наибольшего часового и среднего часового расходов воды.

В СНиП 2.04.01-85\* введена величина нормы расхода воды в час наибольшего водопотребления  $q_{hr,u}$ , так как она является наиболее объективным показателем, который однозначно определяет характерный уровень разбора воды на объекте данного назначения.

$$\text{Величина } q_{hr,u} = \frac{k \times q_u}{T}, \quad (2.2)$$

где  $k$  - коэффициент часовой неравномерности определенного потребителя, полученный в результате натуральных измерений на объектах того или иного назначения,  $q_u$  - норма расхода воды в сутки наибольшего водопотребления,  $T$  - время водоразбора в течение суток.

Считается, что нормы расходов являются постоянными и не зависят от числа водопотребителей  $U$ . Это позволяет использовать их при вычислении вероятности действия водоразборных приборов. Достаточным условием для таких расчетов является выбор секундного расхода воды  $q_0$  некоторым водоразборным прибором из  $N$  приборов, установленных на объекте.

Строгое определение величины  $q_0$  для данного здания или группы зданий дает возможность находить расчетные расходы воды с высокой точностью. Приняв величину  $q_0$ , можно найти вероятность действия водоразборных приборов как отношение средней продолжительности работы  $t_{cp}$  каждого из них в течение часа наибольшего водопотребления к

$$\text{этому интервалу времени } P = \frac{t_{cp}}{3600} = \frac{q_{hr,u} \times U}{3600 \times q_0 \times N}. \quad (2.3)$$

Величина  $P$  в данном случае относится к любому из  $N$  установленных водоразборных приборов.

В случае, когда вероятность действия определяется для зданий и сооружений, отличающихся по назначению, действующий СНиП 2.04.01-85\* предлагает использовать осреднение по расходам приборов  $q_0$  отдельных групп потребителей:

$$q_0 = \frac{\sum_1^i N_i \times P_i \times q_{0i}}{\sum_1^i N_i \times P_i}, \quad (2.4)$$

$$P_{\sum i} = \frac{\sum_1^i N_i \times P_i}{\sum_1^i N_i}, \quad (2.5)$$

где индексами  $i$  – обозначены отдельные группы водопотребителей.

Формула для определения осредненного  $q_0$  использует вероятность действия приборов одной группы потребителей  $P_i$ , вычисленную при значении  $q_{0i}$ . Формула же для определения вероятности действия приборов  $P_{\sum i}$  справедлива лишь при условии, что вероятности  $P_i$  вычислены относительно средневзвешенного значения  $q_0$ . Несложно заметить, что, во-первых,

$$q_0 = \frac{\sum_1^i N_i \times P_i \times q_{0i}}{\sum_1^i N_i \times P_i} = \frac{\sum_1^i U_i \times q_{hr,u}}{\sum_1^i \frac{U_i \times q_{hr,u}}{q_{0i}}}, \quad (2.6)$$

$$\text{а, во-вторых, } P_{\sum i} = \frac{\sum_1^i N_i \times P_i}{\sum_1^i N_i} = \frac{\sum_1^i U_i \times q_{hr,u}}{\sum_1^i N_i \times 3600 \times q_0}. \quad (2.7)$$

Теперь более подробно остановимся на определении функции включенных приборов  $m = f(N, P_N, P)$ . В отраслевой науке схема  $m = f(N, P_N, P)$  сводится к некоторой теоретической схеме, которая в первом приближении может быть описана схемой Бернулли.

Повторные независимые испытания называются испытаниями Бернулли, если при каждом испытании имеется только два возможных исхода и вероятности этих исходов остаются неизменными для всех испытаний.

Пространство элементарных событий для каждого отдельного испытания состоит из двух точек, которые принято называть «успехом» (У) и «неудачей» (Н), а их вероятности обозначать соответственно через  $\hat{p}$  и  $\hat{q}$ ,  $\hat{p} + \hat{q} = 1$ . Для  $n$  испытаний Бернулли пространство элементарных событий содержит  $2^n$  точек, где каждая точка представляет исход составного опыта. Понятно, что последовательность из включенных и отключенных приборов вполне может быть описана в рамках испытаний Бернулли. Более того, можно подсчитать вероятность появления какой-то определенной последовательности, описывающей одновременное включение некоторого количества приборов.

В общем случае, если производится серия из  $n$  независимых испытаний, в каждом из которых возможны два исхода с вероятностями  $\hat{p}$  и  $\hat{q} = 1 - \hat{p}$ , не меняющимися от испытания к испытанию, и при этом  $m$  раз имел место успех, а  $n - m$  раз – неудача, то вероятность

$$p_n(m) = \binom{n}{m} \times \hat{p}^m \times \hat{q}^{n-m} \quad (2.8).$$

Важно, что функция  $p_n(m)$  разрывна, так как определена только целых значений  $m$ . Описания ее поведения можно получить исследованием отношения двух последовательных членов  $g(m) = \frac{P_n(m+1)}{P_n(m)} = \frac{n-m}{m+1} \times \frac{\hat{p}}{1-\hat{p}}$

$$(2.9).$$

Функция  $p_n(m)$  убывающая, если  $g(m) < 1$  для всех  $m$ , откуда  $g(0) = \frac{n \times \hat{p}}{1 - \hat{p}} < 1$  или

$$\hat{p} < \frac{1}{n+1}. \quad (2.10)$$

Функция  $p_n(m)$  возрастающая, если  $g(m) > 1$  для всех  $m$ , откуда  $g(n-1) = \frac{\hat{p}}{n \times (1 - \hat{p})} > 1$  или

$$\hat{p} > \frac{n}{n+1}. \quad (2.11)$$

Функция  $p_n(m)$  возрастает, а затем убывает, если  $g(0) > 1 > g(n-1)$  или  $\frac{1}{n+1} < \hat{p} < \frac{n}{n+1}$ . (2.12)

В последнем случае можно определить максимальную вероятность или наиболее

вероятное число включенных приборов  $r$  для биномиального распределения.

Сделать это можно, используя неравенство  $g(r-1) \geq 1 > g(r)$ . Из последнего следует, что  $\frac{n-r+1}{r} \times \frac{\hat{p}}{1-\hat{p}} \geq 1 > \frac{n-r}{r+1} \times \frac{\hat{p}}{1-\hat{p}}$ , откуда  $(n+1) \times \hat{p} - 1 < r \leq (n+1) \times \hat{p}$ , иными словами, наиболее вероятное число включенных приборов равно наибольшему целому числу, меньшему или равному  $(n+1) \times \hat{p}$ .

На практике определяется не наиболее вероятное число включенных приборов, а максимальное число приборов для заданной обеспеченности (на уровне 95-99%), и к тому же используются более общие представления о распределении случайной величины одновременно включенных санитарно-технических приборов.

Поскольку задача определения количества одновременно включенных приборов является достаточно трудоемкой в СНиП 2.04.01-85\* приводится таблица, позволяющая определить количество одновременно функционирующих на заданном участке приборов  $5 \times \alpha$  из общего их числа на участке  $N_{\text{уч}}$ . Сама расчетная формула для определения расчетного расхода принимает вид  $q = 5 \times q_0 \times \alpha$ . (2.13)

## 2.2 Определение диаметров трубопроводов и диссипации энергии (потерь напора) на участках трубопроводов

После определения расчетных расходов по формуле (2.13) на каждом расчетном участке выбирается диаметр труб. Считается, что при этом следует обеспечивать движение жидкости с «экономичной» скоростью, которую принято считать в пределах 0.9 – 1.2 м/с. Максимальная скорость движения воды в магистральных и стояках внутреннего водопровода допускается 1.5 – 2 м/с, а в подводках к приборам – 2.5 м/с.

Что касается определения потерь напора на трение и местные сопротивления, то при «ручном» расчете традиционно используются многочисленные таблицы для гидравлических расчетов. Применение вычислительной техники снимает любые ограничения, связанные с трудоемкостью гидравлических расчетов, а потому, на наш взгляд, сегодня совершенно необоснованно применение грубых и неадекватных моделей при наличии альтернативы. В программе «Visual Vector. WaterSupply» при определении коэффициента гидравлического трения используется формула Кольбрука:  $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{K_{\Delta}}{3.7d} + \frac{2.51}{\text{Re} \times \sqrt{\lambda}} \right)$ , (2.14)

где  $K_{\Delta}$ ,  $\Delta = \frac{K_{\Delta}}{d}$  - абсолютная и относительная шероховатость трубы соответственно;  $d$

- диаметр трубы;  $\lambda$  - коэффициент гидравлического трения;  $\text{Re} = \frac{v \times d}{\zeta}$  - критерий Рейнольдса

для соответствующего режима движения жидкости в трубе;  $\zeta$  - кинематическая вязкость воды

для данных условий;  $v = \frac{4 \times q}{\pi \times d^2}$  - скорость движения жидкости в трубе. Для определения

потерь напора используется уравнение Дарси-Вейсбаха с коэффициентом гидравлического трения, определенным по (2.14).

Данные о шероховатости труб, выполненных из различных материалов и различного возраста, приведены в таблице 2.1.

**Таблица 2.1** Эквивалентная шероховатость труб из различных материалов

Материал и способ изготовления труб	Состояние трубы	$K_s$ , мм
Оцинкованные стальные	Новые чистые	0.07-0.20
	После нескольких лет эксплуатации	0.40-0.70
	Оцинкованные из листовой стали, новые	0.15
	Бывшие в эксплуатации	0.18
Цельнотянутые из различных материалов	Стальные новые	0.02-0.05
	Стальные после нескольких лет эксплуатации, очищенные и битуминизированные	0.15-0.3
	Новые гладкие из алюминия	0.015-0.06
	Новые техниче гладкие из стекла, латуни, меди	0.0015-0.01
Чугунные трубы	Новые	0.25-1
	Бывшие в эксплуатации	1-1.5
Пластмассовые		0.004-0.04

### 2.3 Обобщенная схема гидравлического расчета

Базовой структурой, инкапсулирующей в себя основные топологические свойства проектируемой санитарно-технической системы, является граф.

Математически линейный граф отображается  $\nu \times e$  матрицей инцидентий  $A$ . Элемент  $a_{ki}$  матрицы  $A$  равен  $\pm 1$  в том случае, если  $i$ -я дуга инцидентна вершине  $k$  (правило знаков использует направленность дуги по отношению к инцидентной вершине) и  $0$  в том случае, если  $i$ -я дуга неинцидентна вершине  $k$ .

Деревом графа называется подграф, содержащий все вершины графа и не образующий ни одного замкнутого цикла. Дуги, входящие в дерево, называются ветвями дерева, остальные – хордами. Цикломатическое число, определяющее число хорд, находится по формуле  $\mu = (e - \nu + 1)$ . Любому произвольно выбранному дереву графа однозначно соответствует  $\nu - 1$  главное сечение и фундаментальная система  $\mu$  циклов.

Главное сечение представляет собой подмножество дуг графа, содержащее ветвь дерева и хорды, соединяющие два поддерева графа, которые образуются из рассматриваемого дерева после удаления этой ветви дерева; фундаментальный цикл – подмножество ребер графа, содержащее хорду и ветви графа, образующие единственную простую цепь, соединяющую концевые точки этой хорды. Для ориентированного графа  $\nu - 1$  главное сечение математически записывается матрицей главных сечений  $Q$ , а система главных циклов – цикломатической матрицей  $B$ .

Элемент  $q_{ji}$  матрицы  $Q$  равен  $\pm 1$  в том случае, если  $i$ -я дуга принадлежит  $j$ -му сечению (правило знаков использует направленность дуги по отношению к направлению ветви дерева), и  $0$  в том случае, если  $i$ -я дуга не принадлежит  $j$ -му сечению.

Элемент  $b_{ji}$  матрицы  $B$  равен  $\pm 1$  в том случае, если  $i$ -я дуга входит в  $j$ -й фундаментальный цикл (правило знаков использует направленность дуги по отношению к направлению хорды цикла), и  $0$  в том случае, если  $i$ -я дуга не входит в  $j$ -й цикл.

Между матрицами  $A$ ,  $Q$ ,  $B$  существует взаимосвязь, матрица  $Q$  – может быть получена путем элементарных преобразований матрицы  $A$ , взаимосвязь между матрицами  $Q$ ,  $B$  определяется основной теоремой топологии сетей:

$$BQ' = QB' = 0. \quad (2.15)$$

Представления графа в табличной форме с помощью матрицы инцидентий не слишком удобно для пользователя. Последнему проще нарисовать структуру на экране, используя графические эквиваленты узлов и дуг графа. Такой подход и реализован в программе «Внутренний водопровод». В дальнейшем программой автоматически графическое представление трансформируется в матрицы  $A$ ,  $Q$ ,  $B$ .

После того, как пользователь «нарисовал» сеть, необходимо задать в первом приближении (можно абсолютно произвольно) диаметры участков, их длины, материалы труб, из которых они выполнены. Кроме того, необходимо задать отметки узлов сети, требуемые (минимальные) напоры на излив, а также количество потребителей, подключаемых к данному узлу и их тип согласно СНиП 2.04.01-85\*.

Дополнительно системой должна быть получена следующая информация о водопотреблении объекта.

Во-первых, при определении норм расхода воды в системе горячего водоснабжения учитывается тип системы горячего водоснабжения. В соответствии с пунктом 3.10 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» нормы расхода горячей воды в этом случае принимаются с коэффициентом ( $1$  – для закрытой,  $0.85$  – для открытой систем), при этом общее количество потребляемой воды не изменяется.

Во вторых, при определении расчетных расходов необходимо иметь информацию о количестве санитарно-технических приборов у отдельных типов водопотребителей (см. таблицу 2.2).

Таблица 2.2

№	Наименование потребителя	Количество потребителей		Количество санитарно-технических приборов	
		Система холодного водоснабжения	Система горячего водоснабжения	Система холодного водоснабжения	Система горячего водоснабжения
1	2	3	4	5	6

Для определения расчетных расходов используются представленные в СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» сведения о расходах воды приборами отдельных групп водопотребителей, а также характерные уровни (нормы) водопотребления (см. таблицу 2.3).

При определении суточных расходов потребления воды используются дополнительные данные о режимах функционирования отдельных типов водопотребителей (см. таблицу 2.4). Необходимость введения этих сведений продиктована тем, что для отдельных

потребителей норма в СНиП 2.04.01-85\* дается для единиц продукции, для других – в числах посещений или потребителях.

После того, как вся информация о расчетной схеме введена, появляется возможность произвести ее расчет.

Таблица 2.3

1	Расход воды прибором, л/час		4	Нормы расхода воды, л						Расход воды прибором, л/с	
	2	3		5		6		7		11	12
Водоотребитель	Общая		Измеритель	В средние сутки		В сутки максимального водопотребления		В час наибольшего водопотребления		Общий	Холодной или горячей
	Холодная или горячая			Общая	Горячая	Общая	Горячая	Общая	Горячая		

Таблица 2.4

№	Наименование потребителя	Время работы, час в сутки	Потребителей в сутки
1	2	3	4

Гидравлический расчет производится программой в несколько этапов.

На первом уровне расчетный модуль определяет расходы воды водоразборной арматурой.

В соответствии с пунктом 3.2 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» определяются секундные расходы воды водоразборной арматурой, отнесенные к одному прибору. Для упрощения вычислений формула (1) СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» преобразована к более удобному виду.

Общий секундный расход воды (холодная и горячая) средневзвешенного прибора

$$\text{определяется по формуле } q_0^{\text{tot}} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{\text{tot}} \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^{\text{tot}} \times U_i}{q_{0_i}^{\text{tot}}}} \quad (\text{л/с}), \quad (2.16)$$

где  $q_{0_i}^{\text{tot}}$  - общий секундный расход воды прибором (холодная и горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2.3),  $q_{hr,u_i}^{\text{tot}}$  - общая норма расхода воды (холодная и горячая) для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2.3),  $U_i$  - число водопотребителей в группе (см. таблицу 2.2).

Секундный расход воды средневзвешенного прибора при изливе только холодной или только горячей воды определяется по аналогичным формуле (2.16) соотношениям (меняется только значение норм расхода и расхода воды прибором).

Общий часовой расход воды (холодная и горячая) средневзвешенного прибора

$$\text{определен по формуле } q_{0,hr}^{\text{tot}} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{\text{tot}} \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^{\text{tot}} \times U_i}{q_{0,hr_i}^{\text{tot}}}} \quad (\text{л/час}), \quad (2.17)$$

где  $q_{0,hr_i}^{\text{tot}}$  - общий часовой расход воды прибором (холодная и горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2.3),  $q_{hr,u_i}^{\text{tot}}$  - общая норма расхода воды (холодная и горячая) для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2.3),  $U_i$  - число водопотребителей в группе (см. таблицу 2.2).

Часовой расход воды средневзвешенного прибора при изливе только холодной или только горячей воды определяется по аналогичным формуле (2.17) соотношениям (меняется только значение норм расхода и расхода воды прибором).

При сборе нагрузок, получении технических условий на подключения к наружным сетям полезно знать общие пиковые расходы воды для объекта в целом. Максимальные

секундные расходы воды для объекта в целом определяются в программе согласно пункту 3.3 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Секундный расход воды (общий расход – холодная и горячая) определяется при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{3600 \times q_0^{tot}}$ , которая соответствует некоторому значению  $\alpha$ . Общий секундный расход в этом случае будет определяться по соотношению  $q^{tot} = 5 \times q_0^{tot} \times \alpha$ .

Аналогичным образом определяются общие секундные расходы холодной или горячей воды.

Максимальные часовые расходы воды для объекта в целом определяются согласно пункту 3.8 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Часовой расход воды (общий расход – холодная и горячая) определяется при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{q_{0,hr}^{tot}}$ , которая также соответствует некоторому значению  $\alpha$ . Общий часовой расход составит  $q_{hr}^{tot} = \frac{5 \times q_{0,hr}^{tot} \times \alpha}{1000}$ .

Аналогичным образом определяются общие часовые расходы холодной или горячей воды.

Тепловой поток на нужды горячего водоснабжения с учетом теплопотерь определяется в соответствии с пунктом 3.13 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Тепловой поток в течение часа максимального водопотребления составит  $Q_{час}^{zop} = 1.16 \times q_{hr}^{tot} \times (55 - t^c) + Q^{ht}$ , где  $t^c$  - температура воды в водопроводе,  $Q^{ht}$  - теплопотери.

Тепловой поток в течение среднего часа за период максимального водопотребления составит  $Q_{час}^{zop} = \frac{1.1 \times 1.16 \times q_T^h \times (55 - t_{хол})}{24} + Q^{ht}$ ,

где  $t^c$  - температура воды в водопроводе,  $q_T^h$  - средний часовой расход воды,  $Q^{ht}$  - теплопотери.

На следующем этапе осуществляется подбор узла учета. Подбор счетчика выполняется, исходя из нескольких условий, обеспечивающих возможность счетчиком фиксировать расходы воды и максимизирующих сроки службы устройства. Счетчик подбирается для определенной системы (на общий расход, на систему холодного или горячего водоснабжения) по расходу в сутки максимального водопотребления. Величина максимального суточного водопотребления должна быть меньшей или равной наибольшей эксплуатационной нагрузке счетчика по расходу воды за сутки.

Исходя из последнего условия, выбирается счетчик с некоторым условным проходом  $D_u$  и коэффициентом гидравлического сопротивления  $s$ , после чего осуществляется проверка по максимальным потерям напора. Потери напора в счетчике при пропуске максимального секундного расхода  $h = s \times q_0^2$  не должны превышать 2.5 – 5 м.в.с. (в зависимости от типа устройства).

На следующем этапе осуществляется непосредственно гидравлический расчет. В соответствии с пунктом 3.3 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» для определенного ранее расхода воды прибором по формуле (2) СНиП с учетом

сосредоточенных расходов определены расчетные секундные расходы воды на участках сети. Для заданных диаметров участков сети рассчитаны скорости движения и потери напора на гидравлические сопротивления (по длине трубопроводов и на местные сопротивления). Гидравлический расчет производится для определенной системы (т.е. если отдельные параметры – максимальные секундные и часовые расходы рассчитываются для всех систем сразу, то гидравлический расчет только для одной из них); результаты расчета приводятся по форме таблицы 2.5.

Таблица 2.5

№ участка	Количество приборов на участке	Общее количество приборов	Расход воды на прибор, л/с	Вероятность действия приборов	$N \times P$	$\alpha$	Сосредоточенный расход, л/с	Секундный расход, л/с	Расчетный диаметр трубопровода, мм	Скорость движения воды, м/с	Материал труб	Потери на участке, м.в.с.	Местные сопротивления, м.в.с.	Потери итого, м.в.с.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

После проведения гидравлического расчета появляется возможность определить необходимый свободный напор на вводе в здание или сооружение. Необходимый свободный напор  $H_{св}$  в месте присоединения ввода к городскому водопроводу при наибольшем хозяйственно-питьевом потреблении, должен обеспечивать подачу воды на необходимую геометрическую высоту и нормальный свободный напор у диктующего водоразборного крана. При этом учитываются все сопротивления на вводе и в сети. Программа автоматически определяет местоположение диктующего водоразборного крана, после чего определяет необходимый свободный напор по формуле  $H_{св} = h_c + h_m + h_p + h_2 + h_{сч}$ ,

где  $h_c$  - потери напора от начального узла (узла подачи) до диктующей точки,  $h_m$  - потери на местные сопротивления в сети от диктующей точки до начального узла (узла подачи),  $h_p$  - рабочий напор у диктующего прибора,  $h_2$  - геометрическая высота подъема воды от начального узла (узла подачи) до оси диктующего водоразборного устройства,  $h_{сч}$  - потери напора в счетчике.

Зафиксировав величину  $H_{св}$ , можно определить располагаемые напоры в системе для всех узлов объекта (что, собственно, программа делает два раза, в первый раз - для определения месторасположения диктующего прибора). Результаты расчета приводятся по форме таблицы 2.6.

Таблица 2.6

<b>№ узла</b>	<b>Высотная отметка, м</b>	<b>Требуемый напор, м.в.с.</b>	<b>Располагаемый напор, м.в.с.</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Для возможности проведения поверочных расчетов на случай пожара в программе реализован механизм учета фиксированных отборов (не зависящих от вероятности действия). Расчетный расход на отдельных участках в случае использования фиксированных отборов складывается из расхода, определенного по методике вероятности действия санитарно-технических приборов и фиксированного отбора.



### 3 ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ

#### 3.1 Основные элементы главного окна программы

После запуска программы «Внутренний водопровод» появляется главное окно системы. Основные элементы программы, присутствующие независимо от ее модификации, представлены на рис. 3.1.

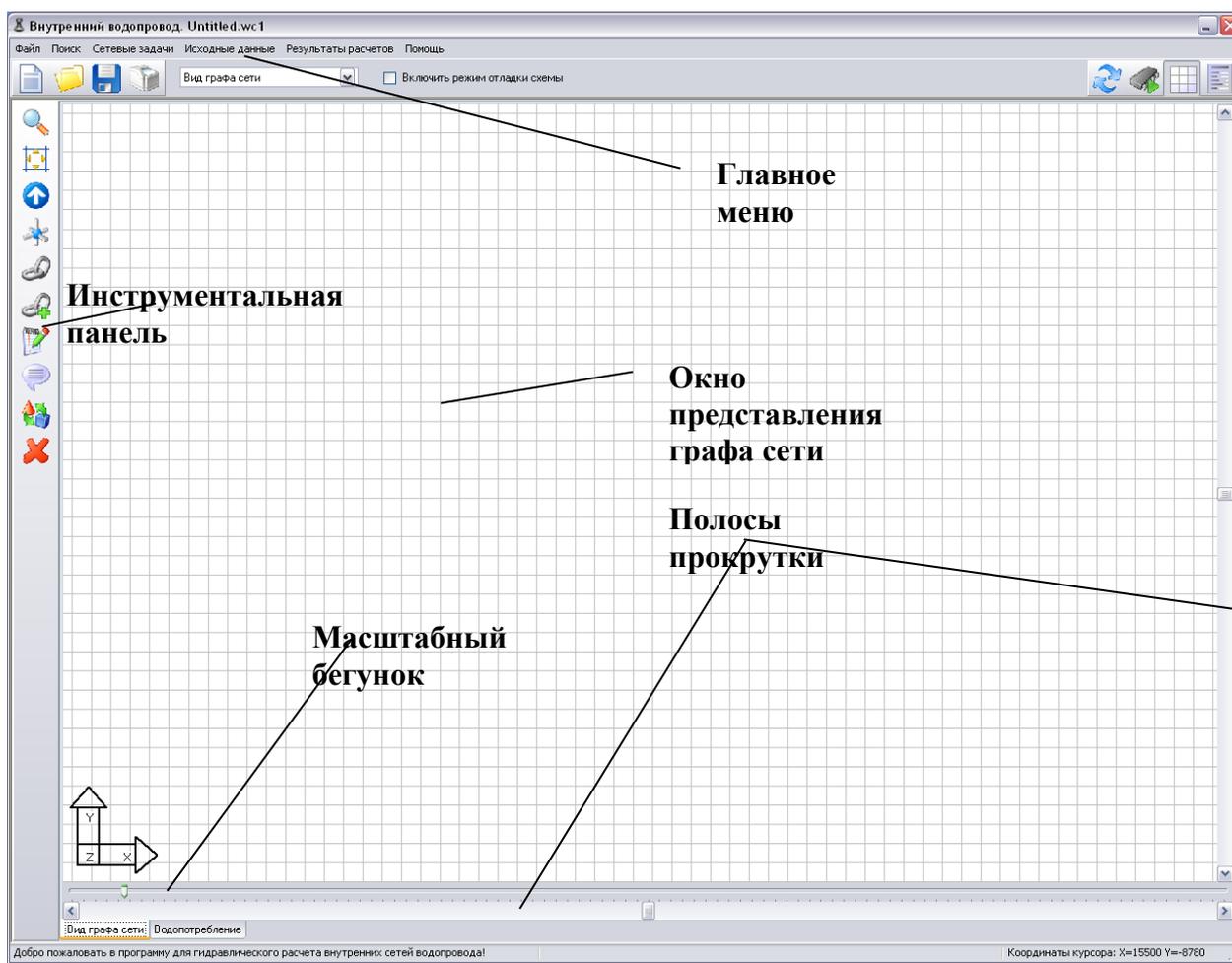


Рис. 3.1

**Главное меню** программы позволяет обращаться к основным командам системы, связанным, главным образом, с непосредственным выполнением расчетов. Структура меню для программы «Внутренний водопровод» приведена ниже.

**Инструментальная панель** инкапсулирует команды, предназначенные для построения графа сети и ввода исходных данных по участкам и узлам сети.

**Полосы прокрутки** и **масштабный бегунок** предназначены для просмотра графа представления моделируемой сети.

**Окно представление графа сети** предназначено для ввода схемы гидравлической цепи моделируемой сети и отображения результатов расчета.

### 3.2 Структура главного меню программы «Внутренний водопровод»

#### 1. Файл

##### **Создать новую схему**

Полностью очищает содержимое системы от текущей схемы, предоставляя возможность начать работу с новой схемой.

##### **Открыть схему**

Открывает созданную ранее схему.

##### **Сохранить схему**

Сохраняет изменения в схеме и связанных с ней базами данных.

##### **Сохранить схему как**

Позволяет сохранить схему и связанные с ней базы данных под новым названием.

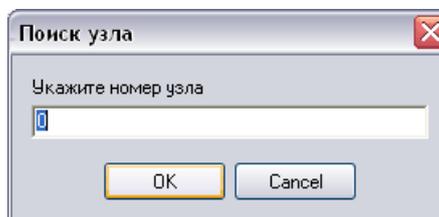
##### **Выход**

Завершает сеанс работы с системой.

#### 2. Поиск

##### **Найти узел**

Позволяет быстро найти узел по его порядковому номеру на графической схеме.



**Рис. 3.2**

После указания порядкового номера узла, если последний существует, программа отобразит его в центре окна представления.

#### 3. Сетевые задачи

##### **Гидравлический расчет схемы**

Производит полный гидравлический расчет данной цепи. Требуется для своего выполнения ввода всего необходимого набора исходных данных (длины участков, диаметры в первом приближении, материалы труб, количество подключаемых приборов, категория водопотребления).

##### **Гидравлический расчет схемы с оптимизацией диаметров**

Производится выбор оптимальных диаметров участков сети с учетом минимизации приведенной стоимости строительства и эксплуатации сети. Возможность появляется после того, как гидравлический расчет уже произведен.

##### **Определить объем системы**

Позволяет оценить полный объем системы, что может быть полезно при определении кратности обмена воды.

#### 4. Исходные данные

##### Проверить исходные данные

Осуществляет проверку массива исходных данных. В случае отсутствия необходимой для расчета информации на каких-либо участках предлагает ее заполнить.

##### Сводная таблица исходных данных

###### Участки

###### Узлы

В обобщенном табличном виде представляют весь массив исходных данных, необходимых для проведения расчетов, имеется возможность редактирования этих наборов.

##### Свойства сети

Открывает окно свойств гидравлической модели. Здесь следует указать режим расчета сети внутреннего водопровода (на общий расход, только холодную или только горячую воду) и общее количество потребителей в здании.

При включенном флажке «Отображать критические участки» участки, на которых скорости движения не попадают в интервал «экономичных», будут подсвечены красным цветом.

##### Справочник материалов

Справочники представляют собой реляционные базы данных, при необходимости пополняемые пользователями. В справочнике материалов используется единственный гидравлический параметр – абсолютная шероховатость труб.

##### Справочник внутренних систем

Открывает доступ к базе данных, в которой хранится информация, необходимая для определения расчетных расходов по методике СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий». Для заполнения справочника под конкретные объекты могут использоваться данные приложения 2 СНиП 2.04.01-85\*.

##### Справочник водомерных узлов

Открывает доступ к базе данных, в которой хранится информация, необходимая для подбора счетчиков воды.

##### Сетка

Включает / отключает режим сеточной привязки, в котором любые графические построения возможны только в узлах калибровочной сетки.

### 3.3 Инструментальная панель программы

 **Масштабирование.** Включает режим масштабирования. Каждый щелчок левой кнопкой мышки на окне представления приводит к уменьшению масштаба просматриваемой области. Для изменения масштаба также можно использовать масштабный бегунок и клавиши «+» и «-» на цифровой клавиатуре.

 **Новый узел.** Включает режим установки узлов. Требуется выбрать место установки узла в окне представления и щелкнуть левой кнопкой мышки.

 **Новая дуга.** Включает режим установки дуг. Необходимо щелчком левой кнопки мышки указать начальный узел дуги, затем – конечный.

 **Новая полидуга.** Включает режим установки полидуги - элемента, состоящего из дуг, соединяющих между собой несколько узлов. Для построения полидуги необходимо указать щелчком левой кнопки мышки положение начального узла (если он еще не существует, то автоматически будет создан новый), затем - положения последующих узлов. Для завершения построения полидуги следует щелчком правой кнопки мышки вызвать контекстное меню и выбрать пункт «Завершить построение» или указать на уже существующий узел.

 **Текстовое пояснение.** Позволяет добавить на граф гидравлической цепи текстовое пояснение. Не оказывает влияния на модель сети.

 **Свойства элемента.** Включает режим редактирования свойств отдельных элементов гидравлической цепи. Следует выбрать элемент гидравлической цепи и щелкнуть левой кнопкой мышки, после чего откроется окно свойств данного структурного элемента.

 **Переместить объекты графа и его представления.** После перехода в данный режим программа ожидает от пользователя выбора узла графа водопроводной сети или объектов его представления (поясняющих надписей, маркеров и пр.), для которых будет производиться операция перемещения. Выбор узла или объекта осуществляется с помощью щелчка левой кнопки мышки. На следующем этапе следует выбрать новое месторасположения объекта и зафиксировать его также щелчком левой кнопки мышки. В том случае, если в качестве объекта для перемещения выбран узел, то автоматически вместе с ним перемещаются связанные с ним дуги.

 **Удалить элемент.** Включает режим удаления отдельных элементов гидравлической цепи. Следует выбрать элемент гидравлической цепи и щелкнуть левой кнопкой мышки, после чего данный элемент будет из цепи удален. Обратите внимание на порядок удаления из схемы элементов: любой узел цепи не может быть удален до тех пор, пока существует, по крайней мере, одна дуга, входящая или исходящая из данного узла.

 **Произвести гидравлический расчет.** Дублирует пункт меню **Гидравлический расчет** **схемы.**

 **Обновить информацию по водопотребителям.** Собирает с построенной схемы информацию по водопотребителям и заносит в таблицу на вкладке **Водопотребление.**



## 4 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ В ПРОГРАММЕ

### 4.1 Пример 1. Сбор нагрузок по системе водоснабжения здания высшего учебного заведения

#### Исходные данные:

В проектируемом корпусе высшего учебного заведения на 1950 студентов размещены 18 лабораторий, 12 кафедр, буфет, кинозал. Здание имеет стилобатную часть высотой 2 этажа и башенную часть высотой 9 этажей, объединенный хозяйственно-питьевой и противопожарный водопровод, две системы канализации (одна для цокольного этажа, другая для высотной части), тепловой пункт и насосную станцию, расположенную в цокольном этаже здания.

В здании установлены следующие санитарно-технические приборы: умывальники со смесителями – 85 штук, унитазы – 72 штуки, писсуары – 36 штуки, мойки лабораторные со смесителем – 33 штуки, лабораторные сливы – 96 штук, мойки в буфете – 4 штуки, всего 326 приборов, из них 122 прибора с подводом горячей воды. Расчетное количество блюд - 113 блюд в час.

#### Моделирование:

При использовании программы «Visual Vector. Внутренний водопровод» процедура сбора нагрузок сводится к следующим операциям:

**Заполняется справочник внутренних систем** (меню «Исходные данные, справочник внутренних систем»). Создается три новых записи (если ранее эта информация не была введена в справочник) по форме таблицы 4.1. Данные также взяты из упомянутой выше работы.

**С помощью команда «Новая полидуга» строится граф системы**, упрощенно отражающий структуру предприятия. Возможный вид графа системы приведен на рисунке 4.1. Поскольку на данном этапе проводить гидравлические расчеты не предполагается, для упрощения работы можно включить режим отладки схемы (включается на панели ниже главного меню программы). В этом случае для всех участков будет зафиксирована длина, диаметр и материал труб.

Таблица 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№	Водопотребитель	Измеритель	Норма расхода воды в средние сутки, л	Норма расхода горячей воды в средние сутки, л	Норма расхода воды в максимальные сутки, л	Норма расхода горячей воды в максимальные сутки, л	Общая норма водопотребления в час максимального водопотребления	норма расхода горячей воды в час максимального водопотребления	Общий расход воды приборов, л/с	Расход холодной или горячей воды прибором, л/с	Общий расход воды приборов, л/час	Расход холодной или горячей воды прибором, л/час	Суточное суммирование
1	Учебные заведения	1 уч.	17.2	6	20	8	2.7	1.2	0.1	0.07	180	80	По потребителям

2	Административные здания	1 раб.	12	5	16	7.5	4	2	0.1	0.07	180	80	По потребителям
3	Предприятия общественного питания	1 усл. блюдо	12	4	12	4	12	2	0.3	0.2	500	80	По часам работы



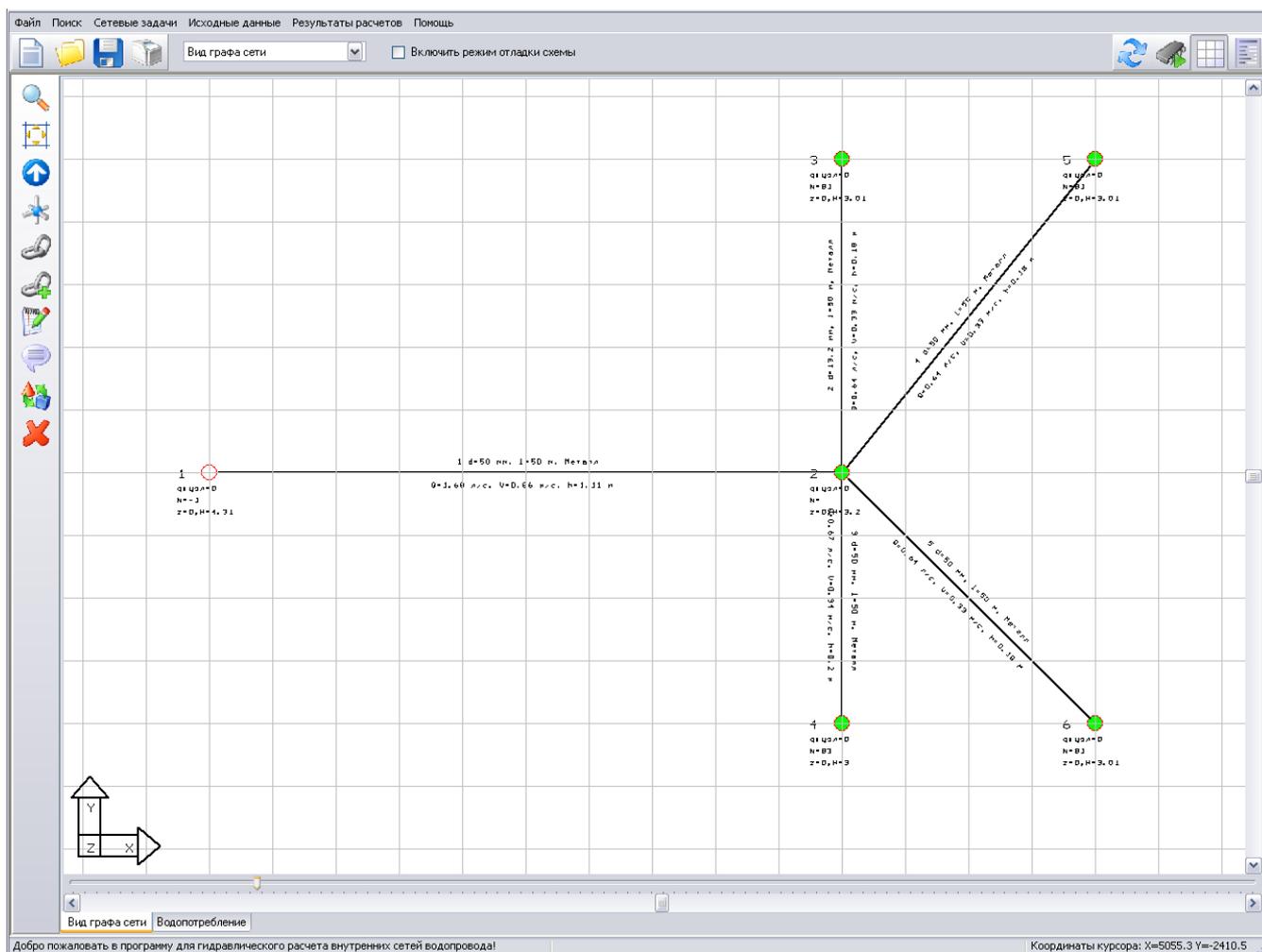
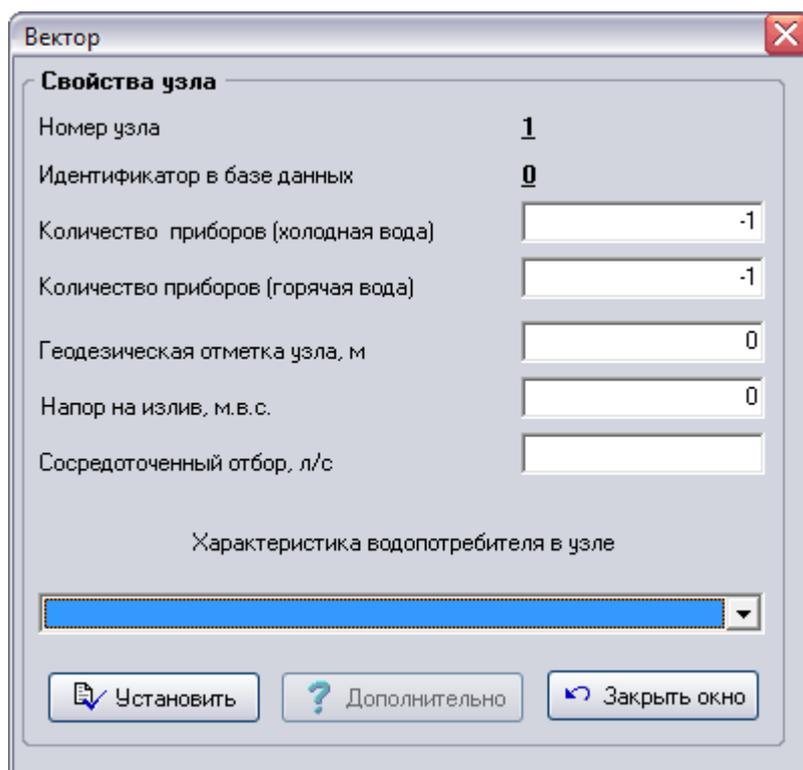


Рисунок 4.1

Узлы 3, 5, 6, 4 моделируют отдельные типы водопотребителей: студентов, преподавателей, обслуживающий персонал, буфет на 75 мест.

После построения графа **необходимо ввести данные по узлам**. Для этого следует выбрать команду «Свойства элемента» и «процелкнуть» мышкой по узлам сети 1, 3, 4, 5, 6. Вариант заполнения исходных данных представлен на рисунках 4.2 – 4.6. Заметим, что при определении расчетных расходов для здания в целом точная информация о количестве приборов в узлах не требуется (ее можно заполнить произвольно).



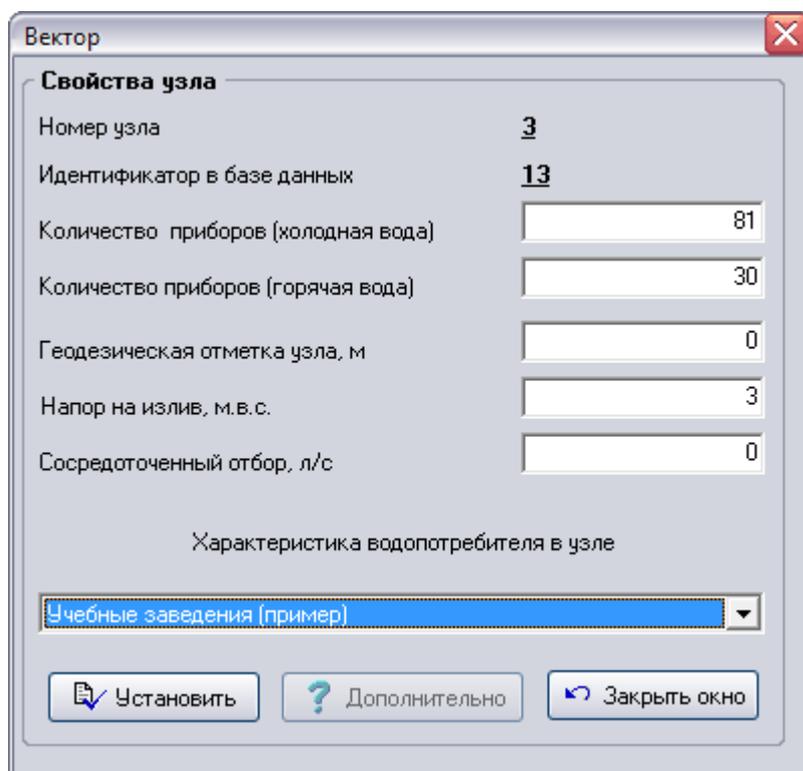
Вектор

**Свойства узла**

Номер узла	<b>1</b>
Идентификатор в базе данных	<b>0</b>
Количество приборов (холодная вода)	<input type="text" value="-1"/>
Количество приборов (горячая вода)	<input type="text" value="-1"/>
Геодезическая отметка узла, м	<input type="text" value="0"/>
Напор на излив, м.в.с.	<input type="text" value="0"/>
Сосредоточенный отбор, л/с	<input type="text"/>

Характеристика водопотребителя в узле

Рисунок 4.2



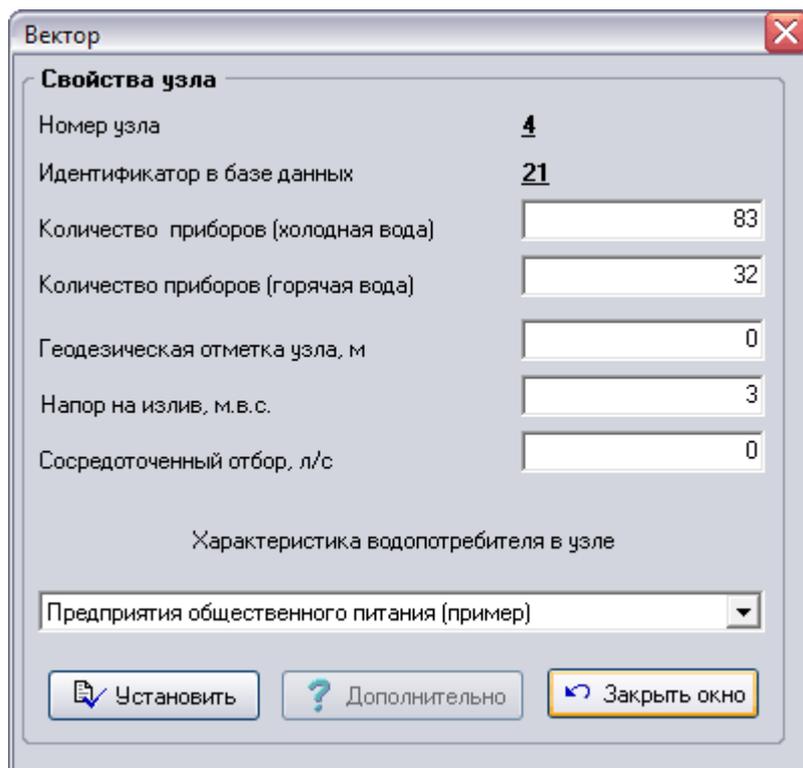
Вектор

**Свойства узла**

Номер узла	<b>3</b>
Идентификатор в базе данных	<b>13</b>
Количество приборов (холодная вода)	<input type="text" value="81"/>
Количество приборов (горячая вода)	<input type="text" value="30"/>
Геодезическая отметка узла, м	<input type="text" value="0"/>
Напор на излив, м.в.с.	<input type="text" value="3"/>
Сосредоточенный отбор, л/с	<input type="text" value="0"/>

Характеристика водопотребителя в узле

Рисунок 4.3



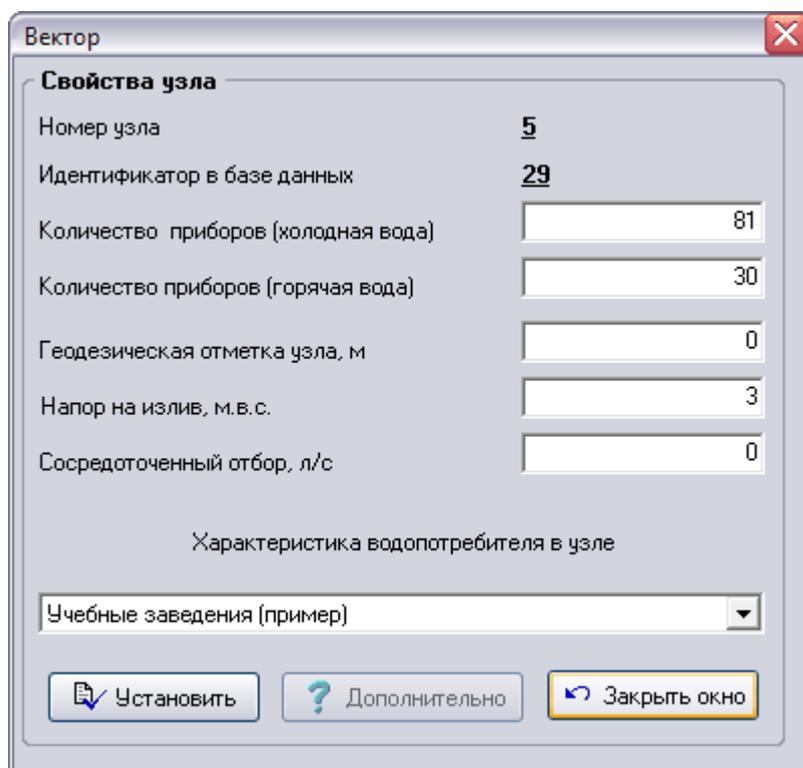
Вектор

**Свойства узла**

Номер узла	<b>4</b>
Идентификатор в базе данных	<b>21</b>
Количество приборов (холодная вода)	<input type="text" value="83"/>
Количество приборов (горячая вода)	<input type="text" value="32"/>
Геодезическая отметка узла, м	<input type="text" value="0"/>
Напор на излив, м.в.с.	<input type="text" value="3"/>
Сосредоточенный отбор, л/с	<input type="text" value="0"/>

Характеристика водопотребителя в узле

Рисунок 4.4



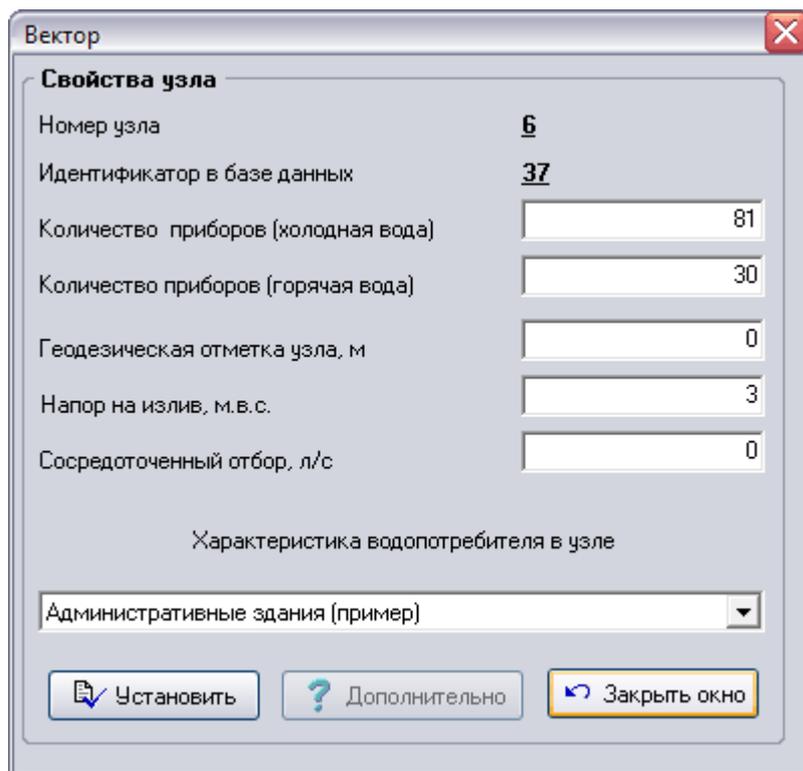
Вектор

**Свойства узла**

Номер узла	<b>5</b>
Идентификатор в базе данных	<b>29</b>
Количество приборов (холодная вода)	<input type="text" value="81"/>
Количество приборов (горячая вода)	<input type="text" value="30"/>
Геодезическая отметка узла, м	<input type="text" value="0"/>
Напор на излив, м.в.с.	<input type="text" value="3"/>
Сосредоточенный отбор, л/с	<input type="text" value="0"/>

Характеристика водопотребителя в узле

Рисунок 4.5



The image shows a software dialog box titled "Вектор" (Vector) with a close button in the top right corner. The dialog is divided into two main sections. The first section, titled "Свойства узла" (Node Properties), contains several fields: "Номер узла" (Node number) with the value "6", "Идентификатор в базе данных" (Database identifier) with the value "37", "Количество приборов (холодная вода)" (Number of instruments (cold water)) with a text input field containing "81", "Количество приборов (горячая вода)" (Number of instruments (hot water)) with a text input field containing "30", "Геодезическая отметка узла, м" (Geodetic mark of the node, m) with a text input field containing "0", "Напор на излив, м.в.с." (Head at the outlet, m.w.g.) with a text input field containing "3", and "Сосредоточенный отбор, л/с" (Concentrated sampling, l/s) with a text input field containing "0". The second section, titled "Характеристика водопотребителя в узле" (Characteristic of the water consumer in the node), features a dropdown menu currently showing "Административные здания (пример)" (Administrative buildings (example)). At the bottom of the dialog, there are three buttons: "Установить" (Apply) with a checkmark icon, "Дополнительно" (Advanced) with a question mark icon, and "Закреть окно" (Close window) with a close icon.

Property	Value
Номер узла	6
Идентификатор в базе данных	37
Количество приборов (холодная вода)	81
Количество приборов (горячая вода)	30
Геодезическая отметка узла, м	0
Напор на излив, м.в.с.	3
Сосредоточенный отбор, л/с	0

Рисунок 4.6

Далее собирается информация по водопотребителям. Для создания базовой таблицы необходимо выбрать команду «Обновить данные» и перейти на вкладку «Водопотребление». В соответствии с исходными условиями заполнить недостающие исходные данные (см. рисунок 4.7) – поля Количество потребителей холодной и горячей воды.

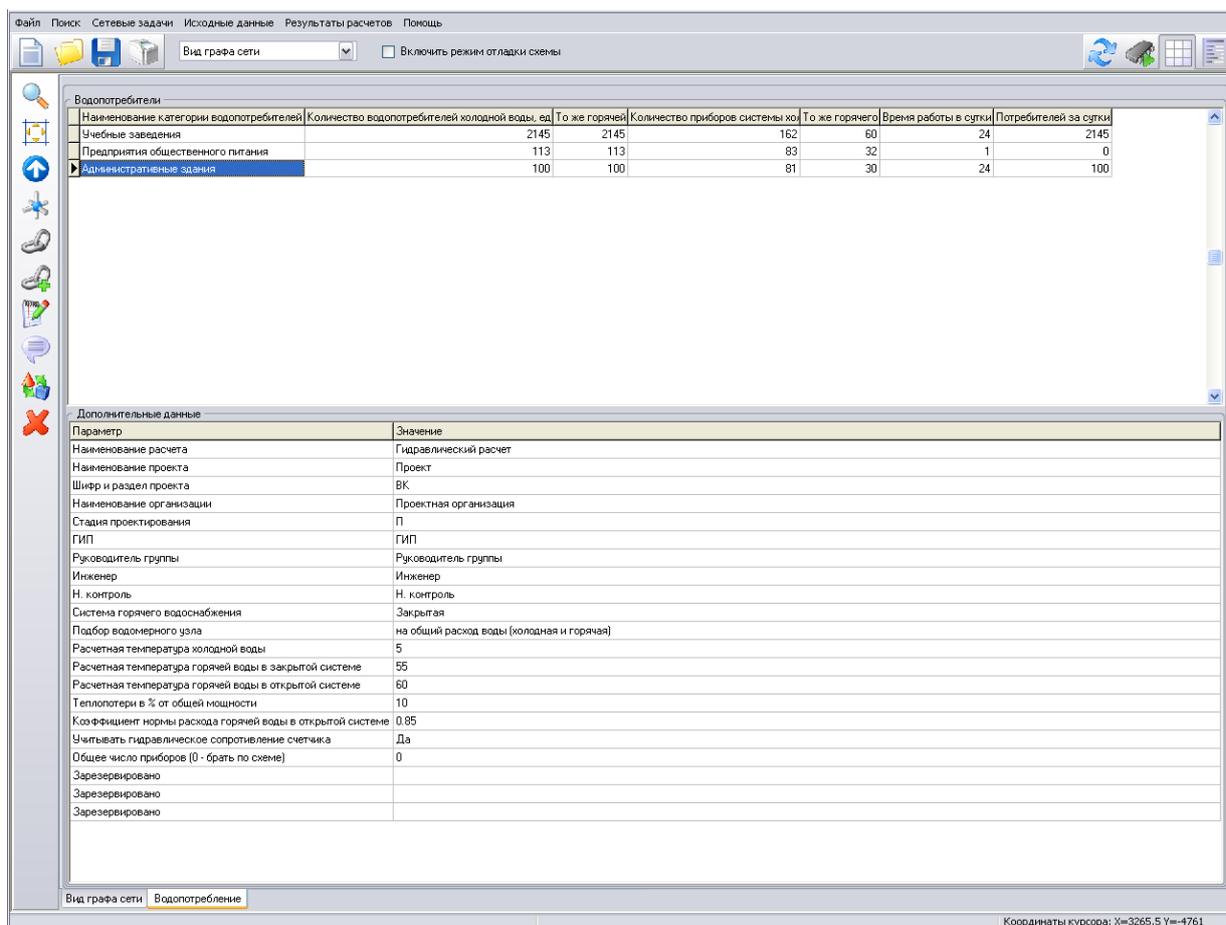


Рисунок 4.7

Перед проведением расчета необходимо открыть окно «Свойства расчета» и установить следующие параметры (см. рисунок 4.8).

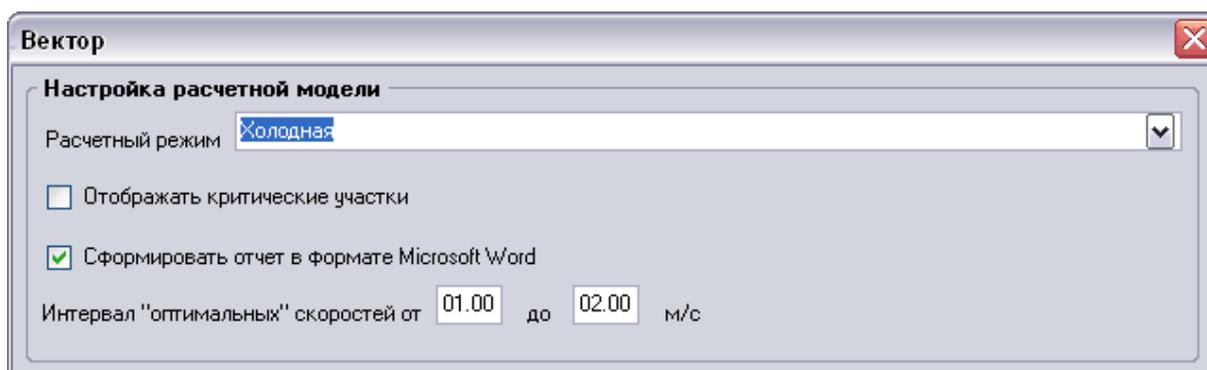


Рисунок 4.8

Для получения отчета в формате Microsoft Word требуется выбрать пункт меню 3.1.1 «Произвести гидравлический расчет» (или нажать клавишу F5). Результаты расчета для примера (часть расчета с определением расчетных нагрузок) представлены ниже.

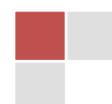


## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходные данные для дальнейших расчетов сведены в таблицу 1. При определении норм расхода воды в системе горячего водоснабжения, учитывался тип системы – система горячего водоснабжения Закрытая. В соответствии с пунктом 3.10 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» нормы расхода горячей воды в этом случае принимаются с коэффициентом 1,00, при этом общее количество потребляемой воды не изменяется.

Таблица 1

№	Наименование потребителя	Количество потребителей (в час максимального водопотребления)		Количество санитарно-технических приборов	
		Система холодного водоснабжения	Система горячего водоснабжения	Система холодного водоснабжения	Система горячего водоснабжения
1	2	3	4	5	6
1	Учебные заведения (пример)	2145	2145	162	60
2	Предприятия общественного питания (пример)	113	113	83	32
3	Административные здания (пример)	100	100	81	30
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					



Для определения расчетных расходов использовались представленные в СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» сведения о расходах воды приборами отдельных групп водопотребителей, а также характерные уровни (нормы) водопотребления. Соответствующая информация сведена в таблицу 2.

При определении суточных расходов потребления воды используются дополнительные данные о режимах функционирования отдельных типов водопотребителей. Соответствующая информация сведена в таблицу 3.

Таблица 2

Водопотребитель	Расход воды прибором, л/час		Измеритель	Нормы расхода воды, л						Расход воды прибором, л/с	
	Общая	Холодная или горячая		В средние сутки	В сутки максимального водопотребления		В час наибольшего водопотребления		Общий	Холодной или горячей	
					Общая	Горячая	Общая	Горячая			Общая
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	180.00	80.00	1 учащийся и 1 преподаватель	17.20	6.00	20.00	8.00	2.70	1.20	0.10	0.07
2	500.00	80.00	1 условное блюдо	12.00	4.00	12.00	4.00	12.00	2.00	0.30	0.20
3	180.00	80.00	1 работающий	12.00	5.00	16.00	7.50	4.00	2.00	0.10	0.07
4											
5											
6											
7											
8											
9											

10											
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Таблица 3

№	Наименование потребителя	Время работы, час в сутки	Потребителей в сутки
1	2	3	4
1	Учебные заведения (пример)	24	2145
2	Предприятия общественного питания (пример)	1	0
3	Административные здания (пример)	24	100
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



## 2. ХАРАКТЕРНЫЕ СУТОЧНЫЕ РАСХОДЫ

На основании данных таблиц 1, 2, 3 определены характерные расходы воды за сутки максимального водопотребления. Соответствующая информация сведена в таблицу 4. Расходы воды в сутки максимального водопотребления определены перемножением суточной нормы (см. позиции 7, 8 таблицы 2) и общим числом потребителей (или единиц продукции) за сутки. Общее число потребителей (единиц продукции) определяется либо по позиции 4 таблицы 3, либо как произведение позиции 3 таблицы 3 и позиции 3(4) таблицы 1.

Таблица 4

№	Наименование потребителя	Общий расход воды в сутки максимального водопотр., л/сут	Расход холодной воды в сутки максимального водопотр., л/сут	Расход горячей воды в сутки максимального водопотр., л/сут
1	2	3	4	5
1	Учебные заведения (пример)	42900.00	25740.00	17160.00
2	Предприятия общественного питания (пример)	1356.00	904.00	452.00
3	Административные здания (пример)	1600.00	850.00	750.00
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
	Итого	45856.00	27494.00	18362.00

Располагая информацией о суточных расходах в сутки максимального водопотребления (таблица 4), определены средние часовые расходы в сутки максимального водопотребления. Значения часовых расходов получены делением суточных расходов (из таблицы 4) на продолжительность потребления воды отдельными группами потребителей в течение суток. Соответствующая информация сведена в таблицу 5.

Таблица 5

№	Наименование потребителя	Общий средний часовой расход воды в сутки максимального водопотр., л/час	Средний часовой расход холодной воды в сутки максимального водопотр., л/час	Средний часовой расход горячей воды в сутки максимального водопотр., л/час
1	2	3	4	5
1	Учебные заведения (пример)	1787.50	1072.50	715.00
2	Предприятия общественного питания (пример)	1356.00	904.00	452.00
3	Административные здания (пример)	66.67	35.42	31.25
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
	Итого	3210.17	2011.92	1198.25

### 3. СБОР НАГРУЗОК

В соответствии с пунктом 3.2 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» определяются секундные расходы воды водоразборной арматурой, отнесенные к одному прибору. Для упрощения вычислений формула (1) СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» преобразована к более удобному виду.

#### 3.1 Общий секундный расход воды средневзвешенного прибора

Общий секундный расход воды (холодная и горячая) средневзвешенного прибора

определен по формуле 
$$q_0^{\text{tot}} = \frac{\sum q_{\text{hr},u_i}^{\text{tot}} \times U_i}{\sum \frac{q_{\text{hr},u_i}^{\text{tot}} \times U_i}{q_{0_i}^{\text{tot}}}} = 7547.50 / 66435.00 = 0.11 \text{ (л/с)},$$

где  $q_{0_i}^{\text{tot}}$  – общий секундный расход воды прибором (холодная и горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{\text{hr},u_i}^{\text{tot}}$  – общая норма расхода воды (холодная и горячая) для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

#### 3.2 Секундный расход холодной воды средневзвешенного прибора

Секундный расход воды (холодная) средневзвешенного прибора определен по формуле

$$q_0^c = \frac{\sum q_{\text{hr},u_i}^c \times U_i}{\sum \frac{q_{\text{hr},u_i}^c \times U_i}{q_{0_i}^c}} = 4547.50 / 54471.43 = 0.08 \text{ (л/с)},$$

где  $q_{0_i}^c$  – секундный расход воды прибором (только холодная) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{\text{hr},u_i}^c$  – норма расхода холодной воды для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

#### 3.3 Секундный расход горячей воды средневзвешенного прибора

Секундный расход воды (горячая) средневзвешенного прибора определен по формуле

$$q_0^h = \frac{\sum q_{hr,u_i}^h \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^h \times U_i}{q_{0,i}^h}} = 3000.00 / 40758.57 = 0.07 \text{ (л/с)},$$

где  $q_{0,i}^h$  – секундный расход воды прибором (только горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{hr,u_i}^h$  – норма расхода горячей воды для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

### 3.4 Общий часовой расход воды средневзвешенного прибора

Общий часовой расход воды (холодная и горячая) средневзвешенного прибора

определен по формуле  $q_{0,hr}^{tot} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{q_{0,hr_i}^{tot}}} = 7547.50 / 37.11 = 203.39 \text{ (л/час)},$

где  $q_{0,hr_i}^{tot}$  – общий часовой расход воды прибором (холодная и горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{hr,u_i}^{tot}$  – общая норма расхода воды (холодная и горячая) для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

### 3.5 Часовой расход холодной воды средневзвешенного прибора

Часовой расход воды (холодная) средневзвешенного прибора определен по формуле

$$q_{0,hr}^c = \frac{\sum q_{hr,u_i}^c \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^c \times U_i}{q_{0,hr_i}^c}} = 4547.50 / 56.84 = 80.00 \text{ (л/час)},$$

где  $q_{0,hr_i}^c$  – часовой расход воды прибором (только холодная) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{hr,u_i}^c$  – норма расхода холодной воды для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

### 3.6 Часовой расход горячей воды средневзвешенного прибора

Часовой расход воды (горячая) средневзвешенного прибора определен по формуле

$$q_{0,hr}^h = \frac{\sum q_{hr,u_i}^h \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^h \times U_i}{q_{0,hr_i}^h}} = 3000.00 / 37.50 = 80.00 \text{ (л/час)},$$

где  $q_{0,hr_i}^h$  - часовой расход воды прибором (только горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{hr,u_i}^h$  - норма расхода горячей воды для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  - число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

### 3.7 Максимальный секундный расход воды для объекта в целом

Максимальные секундные расходы воды для объекта в целом определялись согласно пункту 3.3 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Секундный расход воды (общий расход – холодная и горячая) определен при величине

$$\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{3600 \times q_0^{tot}} = 7547.50 / 3600 / 0.11 = 18.45, \text{ что соответствует } \alpha = 6.42.$$

Общий секундный расход составит  $q^{tot} = 5 \times q_0^{tot} \times \alpha = 5 \times 0.11 \times 6.42 = 3.64 \text{ (л/с)}$ .

### 3.8 Максимальный секундный расход холодной воды для объекта в целом

Секундный расход холодной воды определен при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^c \times U_i}{3600 \times q_0^c} =$

$4547.50 / 3600 / 0.08 = 15.13$ , что соответствует  $\alpha = 5.56$ . Секундный расход холодной воды составит  $q^c = 5 \times q_0^c \times \alpha = 5 \times 0.08 \times 5.56 = 2.32 \text{ (л/с)}$ .

### 3.9 Максимальный секундный расход горячей воды для объекта в целом

Секундный расход горячей воды определен при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^c \times U_i}{3600 \times q_0^c} =$   
 $3000.00 / 3600 / 0.07 = 11.32$ , что соответствует  $\alpha = 4.57$ . Секундный расход горячей воды составит  $q^h = 5 \times q_0^h \times \alpha = 5 \times 0.07 \times 4.57 = 1.68$  (л/с).

Максимальные часовые расходы воды для объекта в целом определялись согласно пункту 3.8 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

### 3.10 Максимальный часовой расход воды для объекта в целом

Часовой расход воды (общий расход – холодная и горячая) определен при величине

$$\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{q_{0,hr}^{tot}} = 7547.50 / 203.39 = 37.11, \text{ что соответствует } \alpha = 11.10. \text{ Общий}$$

часовой расход составляет  $q_{hr}^{tot} = \frac{5 \times q_{0,hr}^{tot} \times \alpha}{1000} = 5 \times 203.39 \times 11.10 / 1000 = 11.29 \text{ (м}^3/\text{час)}$ .

### 3.11 Максимальный часовой расход холодной воды для объекта в целом

Часовой расход холодной воды определен при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^c \times U_i}{q_{0,hr}^c} =$

$4547.50 / 80.00 = 56.84$ , что соответствует  $\alpha = 15.83$ . Часовой расход холодной воды

составляет  $q_{hr}^c = \frac{5 \times q_{0,hr}^c \times \alpha}{1000} = 5 \times 80.00 \times 15.83 / 1000 = 6.33 \text{ (м}^3/\text{час)}$ .

### 3.12 Максимальный часовой расход горячей воды для объекта в целом

Часовой расход горячей воды определен при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^h \times U_i}{q_{0,hr}^h} =$

$3000.00 / 80.00 = 37.50$ , что соответствует  $\alpha = 11.19$ . Часовой расход горячей воды

составляет  $q_{hr}^h = \frac{5 \times q_{0,hr}^h \times \alpha}{1000} = 5 \times 80.00 \times 11.19 / 1000 = 4.48 \text{ (м}^3/\text{час)}$ .

### 3.13 Тепловой поток на нужды горячего водоснабжения

Тепловой поток на нужды горячего водоснабжения с учетом теплопотерь определяется в соответствии с пунктом 3.13 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Тепловой поток в течение часа максимального водопотребления составит  $Q_{\text{час}}^{\text{гор}} = K_T \times 1.16 \times q_{hr}^h \times (t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) = 1.10 \times 1.16 \times 4.48 \times (55.00 - 5.00) = 285.68 \text{ (кВт)}$ ,

где  $t_{\text{гор}}$  – температура воды в системе горячего водоснабжения, принята равной 55.00

градусов Цельсия,  $t_{\text{хол}}$  – температура воды в водопроводе, принята равной 5.00 градусам

Цельсия, коэффициент  $K_T$  равный 1.10 учитывает потери тепла в трубопроводах горячей воды.

Тепловой поток в течение среднего часа за период максимального водопотребления составит  $Q_{\text{час}}^{\text{гор}} = K_T \times 1.16 \times (t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) \times \sum_i \frac{q_{T_i}^h}{T_i} = 1.10 \times 1.16 \times (55.00 - 5.00) \times 1198.25 / 1000 = 76.45$  (кВт),

где  $q_{T_i}^h$  - расход воды за период (сутки, смена) максимального водопотребления  $i$ -го потребителя,  $T_i$  - период водопотребления для  $i$ -го потребителя, значения отношений  $\frac{q_{T_i}^h}{T_i}$

приведены ранее в таблице 5,  $t_{\text{гор}}$  - температура воды в системе горячего водоснабжения, принята равной 55.00 градусам Цельсия,  $t_{\text{хол}}$  - температура воды в водопроводе, принята равной 5.00 градусам Цельсия, коэффициент  $K_T$  равный 1.10 учитывает потери тепла в трубопроводах горячей воды.

По результатам расчетов составлена сводная таблица о режиме водопотребления объекта.



Таблица 6

№	Наименование потребителя	Общий расход			Холодная вода			Горячая вода		
		л/с	м³/ч	л/сут	л/с	м³/ч	л/сут	л/с	м³/ч	л/сут
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Учебные заведения (пример)			42900.0 0			25740.0 0			17160.0 0
2	Предприятия общественного питания (пример)			1356.00			904.00			452.00
3	Административные здания (пример)			1600.00			850.00			750.00
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
	Итого	3.64	11.29	45856.0 0	2.32	6.33	27494.0 0	1.68	4.48	18362.0 0
Максимальный тепловой поток (за час максимального водопотребления), кВт										285.68
Средний тепловой поток (в течение года), кВт										76.45

#### 4.2 Пример 2. Укрупненный расчет водоснабжения жилого дома

##### Исходные данные:

Пусть расчету подлежит сеть двухэтажного здания, схема которой представлена на рисунке 4.9. Узел, соответствующий вводу в здание, дополнительно обведен кружком. Пусть число жителей, проживающих в здании, составляет 16 человек. Приборы подключаются к узлам, обведенными прямоугольниками. К каждому узлу подключено 4 прибора (3 холодная и

горячая вода, один – только холодная). Длины участков, высотное положение узлов считаются заданными.

Требуется подобрать диаметры участков сети, соответствующие «экономичным» скоростям, и определить требуемый свободный напор на вводе в здание.

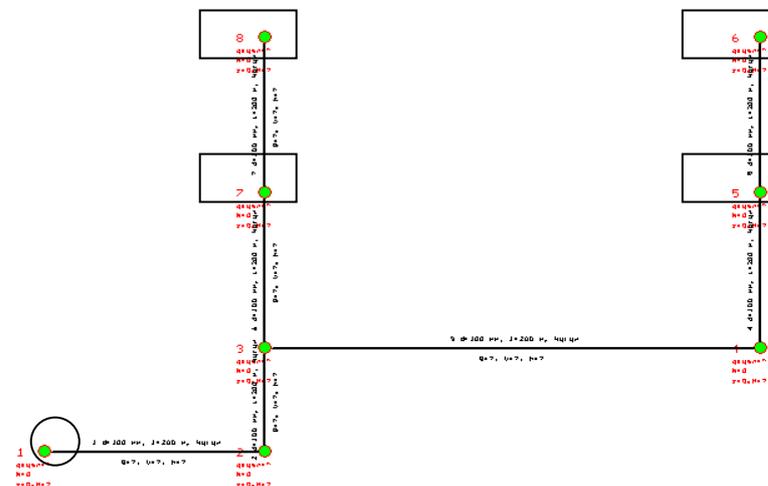


Рисунок 4.9

#### Моделирование:

Расходы на узлах сети определяются в соответствии с методикой СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» с учетом вероятности действия. Для проведения гидравлического расчета рассматриваемой схемы необходимо последовательно выполнить следующие действия.

**Построить гидравлическую цепь рассматриваемой сети.** С помощью команд инструментальной панели ("Установить новый узел", "Установить новые дуги" или "Провести полидугу") построить безмасштабную схему указанной сети. С помощью команды инструментальной панели "Свойства элемента" установить для каждого участка сети и ее узлов необходимые для расчета параметры: для каждого участка указать его длину (3 метра для всех участков – условно), диаметр в первом приближении, материал (металл), для узлов - количество приборов, подключаемых к данному узлу, его высотную отметку, требуемый свободный напор на излив (3 м.в.с.), а также наименование категории водопотребителей (в данном случае «Жилые дома с ваннами»).

В данном случае для узлов 5, 6, 7, 8 количество приборов будет равно 4, для узла 1 в соответствующей графе устанавливается любое отрицательное число, например, -1 (что указывает на то, что из этого узла вода поступает в систему). Высотные отметки в данном случае принимаются равными для узлов 8 и 6 - 5.0 (м), для 5, 7 – 2.5 (м), для узла 1 – -2 (м).

**Установить режим гидравлического расчета.** С помощью пункта меню 4.4 вызывается окно свойств модели, в котором задается режим расчета (только холодная).

**Собрать информацию по водопотребителям.** Для создания базовой таблицы необходимо выбрать команду «Обновить данные» и перейти на вкладку «Водопотребление». В соответствии с исходными условиями заполнить недостающие исходные данные (см. рисунок 4.10) – поля Количество потребителей холодной и горячей воды (в данном случае 16).

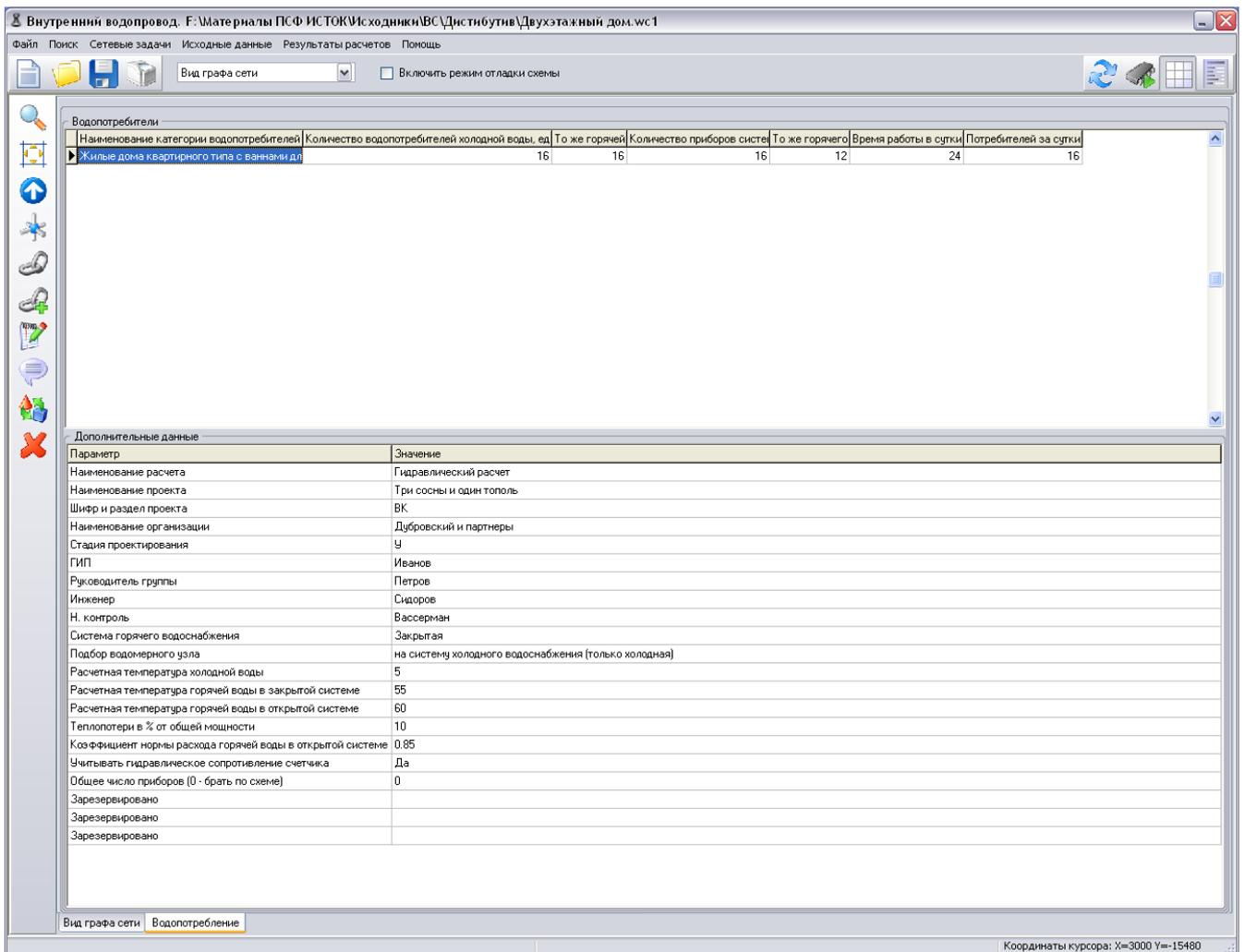


Рисунок 4.10

Перед проведением расчета необходимо открыть окно «Свойства расчета» - меню 4.3 и указать необходимые параметры (см. рисунок 4.11)

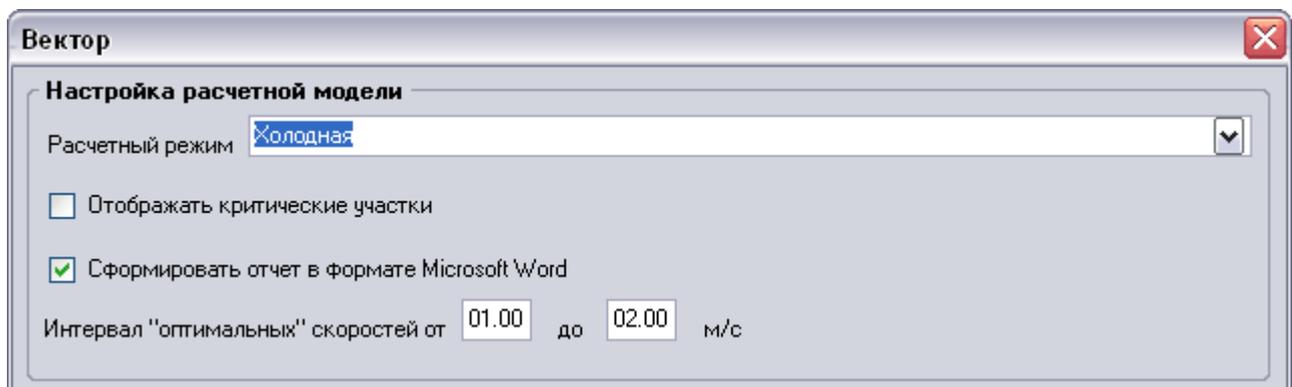


Рисунок 4.11

Произвести первичный гидравлический расчет. После выбора пункта меню 3.1.1

ГРУППА КОМПАНИЙ «КОММУНЖИЛПРОЕКТ»

«Произвести гидравлический расчет» (или нажатия клавиши F5) будут определены скорости движения воды, потери напора (диссипация) на каждом из участков сети, свободные напоры в узлах сети (свободный напор в узле 1 следует рассматривать как величину необходимого гарантируемого напора на вводе в здание). Результаты расчета могут быть выведены на экран или принтер через генератор отчетов (пункты меню 3.2.1.1, 3.2.1.2 или клавиши Ctrl-P, Ctrl-Q).

**Произвести оптимизационный гидравлический расчет.** После выбора пункта меню 3.2.1 «Произвести гидравлический расчет с оптимизацией диаметров» будет произведен повторный гидравлический расчет, при котором будут подобраны внутренние диаметры труб из сортамента для каждого из участков сети, соответствующие диапазонам «оптимальных» скоростей движения воды.

**Результаты расчета, полученные по программе «Внутренний водопровод» представлены ниже.**

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходные данные для дальнейших расчетов сведены в таблицу 1. При определении норм расхода воды в системе горячего водоснабжения, учитывался тип системы – система горячего водоснабжения Закрытая. В соответствии с пунктом 3.10 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» нормы расхода горячей воды в этом случае принимаются с коэффициентом 1,00, при этом общее количество потребляемой воды не изменяется.

Таблица 1

№	Наименование потребителя	Количество потребителей (в час максимального водопотребления)		Количество санитарно-технических приборов	
		Система холодного водоснабжения	Система горячего водоснабжения	Система холодного водоснабжения	Система горячего водоснабжения
1	2	3	4	5	6
1	Жилые дома квартирного типа с централизованным горячим водоснабжением с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами	16	16	16	12
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

10					
----	--	--	--	--	--

Для определения расчетных расходов использовались представленные в СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» сведения о расходах воды приборам отдельных групп водопотребителей, а также характерные уровни (нормы) водопотребления. Соответствующая информация сведена в таблицу 2.

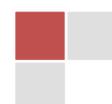
При определении суточных расходов потребления воды используются дополнительные данные о режимах функционирования отдельных типов водопотребителей. Соответствующая информация сведена в таблицу 3.

Таблица 2

Водопотребитель	Расход воды прибором, л/час		Измеритель	Нормы расхода воды, л						Расход воды прибором, л/с	
	Общая	Холодная или горячая		В средние сутки	В сутки максимального водопотребления		В час наибольшего водопотребления		Общий	Холодной или горячей	
					Общая	Горячая	Общая	Горячая			Общая
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	300.00	200.00	1 житель	250.00	105.00	300.00	120.00	15.60	10.00	0.30	0.20
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Таблица 3

№	Наименование потребителя	Время работы, час в сутки	Потребителей в сутки
1	2	3	4
1	Жилые дома квартирного типа с централизованным горячим водоснабжением с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами	24	16
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



## 2. ХАРАКТЕРНЫЕ СУТОЧНЫЕ РАСХОДЫ

На основании данных таблиц 1, 2, 3 определены характерные расходы воды за сутки максимального водопотребления. Соответствующая информация сведена в таблицу 4. Расходы воды в сутки максимального водопотребления определены перемножением суточной нормы (см. позиции 7, 8 таблицы 2) и общим числом потребителей (или единиц продукции) за сутки. Общее число потребителей (единиц продукции) определяется либо по позиции 4 таблицы 3, либо как произведение позиции 3 таблицы 3 и позиции 3(4) таблицы 1.

Таблица 4

№	Наименование потребителя	Общий расход воды в сутки максимального водопотр., л/сут	Расход холодной воды в сутки максимального водопотр., л/сут	Расход горячей воды в сутки максимального водопотр., л/сут
1	2	3	4	5
1	Жилые дома квартирного типа с централизованным горячим водоснабжением с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами	4800.00	2880.00	1920.00
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
	Итого	4800.00	2880.00	1920.00



Располагая информацией о суточных расходах в сутки максимального водопотребления (таблица 4), определены средние часовые расходы в сутки максимального водопотребления. Значения часовых расходов получены делением суточных расходов (из таблицы 4) на продолжительность потребления воды отдельными группами потребителей в течение суток. Соответствующая информация сведена в таблицу 5.

Таблица 5

№	Наименование потребителя	Общий средний часовой расход воды в сутки максимального водопотр., л/час	Средний часовой расход холодной воды в сутки максимального водопотр., л/час	Средний часовой расход горячей воды в сутки максимального водопотр., л/час
1	2	3	4	5
1	Жилые дома квартирного типа с централизованным горячим водоснабжением с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами	200.00	120.00	80.00
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
	Итого	200.00	120.00	80.00



### 3. СБОР НАГРУЗОК

В соответствии с пунктом 3.2 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» определяются секундные расходы воды водоразборной арматурой, отнесенные к одному прибору. Для упрощения вычислений формула (1) СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» преобразована к более удобному виду.

#### 3.1 Общий секундный расход воды средневзвешенного прибора

Общий секундный расход воды (холодная и горячая) средневзвешенного прибора

$$\text{определен по формуле } q_0^{\text{tot}} = \frac{\sum q_{\text{hr},u_i}^{\text{tot}} \times U_i}{\sum \frac{q_{\text{hr},u_i}^{\text{tot}} \times U_i}{q_{0_i}^{\text{tot}}}} = 249.60 / 832.00 = 0.30 \text{ (л/с)},$$

где  $q_{0_i}^{\text{tot}}$  – общий секундный расход воды прибором (холодная и горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{\text{hr},u_i}^{\text{tot}}$  – общая норма расхода воды (холодная и горячая) для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

#### 3.2 Секундный расход холодной воды средневзвешенного прибора

Секундный расход воды (холодная) средневзвешенного прибора определен по формуле

$$q_0^c = \frac{\sum q_{\text{hr},u_i}^c \times U_i}{\sum \frac{q_{\text{hr},u_i}^c \times U_i}{q_{0_i}^c}} = 89.60 / 448.00 = 0.20 \text{ (л/с)},$$

где  $q_{0_i}^c$  – секундный расход воды прибором (только холодная) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{\text{hr},u_i}^c$  – норма расхода холодной воды для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

#### 3.3 Секундный расход горячей воды средневзвешенного прибора

Секундный расход воды (горячая) средневзвешенного прибора определен по формуле

$$q_0^h = \frac{\sum q_{hr,u_i}^h \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^h \times U_i}{q_{0,i}^h}} = 160.00 / 800.00 = 0.20 \text{ (л/с)},$$

где  $q_{0,i}^h$  – секундный расход воды прибором (только горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{hr,u_i}^h$  – норма расхода горячей воды для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

### **3.4 Общий часовой расход воды средневзвешенного прибора**

Общий часовой расход воды (холодная и горячая) средневзвешенного прибора

определен по формуле  $q_{0,hr}^{tot} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{q_{0,hr_i}^{tot}}} = 249.60 / 0.83 = 300.00 \text{ (л/час)},$

где  $q_{0,hr_i}^{tot}$  – общий часовой расход воды прибором (холодная и горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{hr,u_i}^{tot}$  – общая норма расхода воды (холодная и горячая) для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

### **3.5 Часовой расход холодной воды средневзвешенного прибора**

Часовой расход воды (холодная) средневзвешенного прибора определен по формуле

$$q_{0,hr}^c = \frac{\sum q_{hr,u_i}^c \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^c \times U_i}{q_{0,hr_i}^c}} = 89.60 / 0.45 = 200.00 \text{ (л/час)},$$

где  $q_{0,hr_i}^c$  – часовой расход воды прибором (только холодная) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{hr,u_i}^c$  – норма расхода холодной воды для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  – число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

### 3.6 Часовой расход горячей воды средневзвешенного прибора

Часовой расход воды (горячая) средневзвешенного прибора определен по формуле

$$q_{0,hr}^h = \frac{\sum q_{hr,u_i}^h \times U_i}{\sum \frac{q_{hr,u_i}^h \times U_i}{q_{0,hr_i}^h}} = 160.00 / 0.80 = 200.00 \text{ (л/час)},$$

где  $q_{0,hr_i}^h$  - часовой расход воды прибором (только горячая) для отдельных групп водопотребителей (см. таблицу 2),  $q_{hr,u_i}^h$  - норма расхода горячей воды для отдельных групп потребителей (см. таблицу 2),  $U_i$  - число водопотребителей в группе (см. таблицу 1).

### 3.7 Максимальный секундный расход воды для объекта в целом

Максимальные секундные расходы воды для объекта в целом определялись согласно пункту 3.3 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Секундный расход воды (общий расход – холодная и горячая) определен при величине

$$\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{3600 \times q_0^{tot}} = 249.60 / 3600 / 0.30 = 0.23, \text{ что соответствует } \alpha = 0.47.$$

Общий секундный расход составит  $q^{tot} = 5 \times q_0^{tot} \times \alpha = 5 \times 0.30 \times 0.47 = 0.71 \text{ (л/с)}$ .

### 3.8 Максимальный секундный расход холодной воды для объекта в целом

Секундный расход холодной воды определен при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^c \times U_i}{3600 \times q_0^c} =$

$89.60 / 3600 / 0.20 = 0.12$ , что соответствует  $\alpha = 0.38$ . Секундный расход холодной воды составит  $q^c = 5 \times q_0^c \times \alpha = 5 \times 0.20 \times 0.38 = 0.38 \text{ (л/с)}$ .

### 3.9 Максимальный секундный расход горячей воды для объекта в целом

Секундный расход горячей воды определен при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^c \times U_i}{3600 \times q_0^c} = 160.00 / 3600 / 0.20 = 0.22$ , что соответствует  $\alpha = 0.46$ . Секундный расход горячей воды составит  $q^h = 5 \times q_0^h \times \alpha = 5 \times 0.20 \times 0.46 = 0.46$  (л/с).

Максимальные часовые расходы воды для объекта в целом определялись согласно пункту 3.8 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

### 3.10 Максимальный часовой расход воды для объекта в целом

Часовой расход воды (общий расход – холодная и горячая) определен при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^{tot} \times U_i}{q_{0,hr}^{tot}} = 249.60 / 300.00 = 0.83$ , что соответствует  $\alpha = 0.88$ . Общий часовой расход составляет  $q_{hr}^{tot} = \frac{5 \times q_{0,hr}^{tot} \times \alpha}{1000} = 5 \times 300.00 \times 0.88 / 1000 = 1.32$  (м<sup>3</sup>/час).

### 3.11 Максимальный часовой расход холодной воды для объекта в целом

Часовой расход холодной воды определен при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^c \times U_i}{q_{0,hr}^c} = 89.60 / 200.00 = 0.45$ , что соответствует  $\alpha = 0.64$ . Часовой расход холодной воды составляет  $q_{hr}^c = \frac{5 \times q_{0,hr}^c \times \alpha}{1000} = 5 \times 200.00 \times 0.64 / 1000 = 0.64$  (м<sup>3</sup>/час).

### 3.12 Максимальный часовой расход горячей воды для объекта в целом

Часовой расход горячей воды определен при величине  $\sum N_i \times P_{\Sigma} = \frac{\sum q_{hr,u_i}^h \times U_i}{q_{0,hr}^h} = 160.00 / 200.00 = 0.80$ , что соответствует  $\alpha = 0.87$ . Часовой расход горячей воды составляет  $q_{hr}^h = \frac{5 \times q_{0,hr}^h \times \alpha}{1000} = 5 \times 200.00 \times 0.87 / 1000 = 0.87$  (м<sup>3</sup>/час).

### 3.13 Тепловой поток на нужды горячего водоснабжения

Тепловой поток на нужды горячего водоснабжения с учетом теплопотерь определяется в соответствии с пунктом 3.13 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Тепловой поток в течение часа максимального водопотребления составит  $Q_{\text{час}}^{\text{гор}} = K_T \times 1.16 \times q_{\text{hr}}^h \times (t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) = 1.10 \times 1.16 \times 0.87 \times (55.00 - 5.00) = 55.25$  (кВт), где  $t_{\text{гор}}$  - температура воды в системе горячего водоснабжения, принята равной 55.00 градусов Цельсия,  $t_{\text{хол}}$  - температура воды в водопроводе, принята равной 5.00 градусам Цельсия, коэффициент  $K_T$  равный 1.10 учитывает потери тепла в трубопроводах горячей воды.

Тепловой поток в течение среднего часа за период максимального водопотребления составит  $Q_{\text{час}}^{\text{гор}} = K_T \times 1.16 \times (t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) \times \sum_i \frac{q_{T_i}^h}{T_i} = 1.10 \times 1.16 \times (55.00 - 5.00) \times 80.00 / 1000 = 5.10$  (кВт),

где  $q_{T_i}^h$  - расход воды за период (сутки, смена) максимального водопотребления  $i$ -го потребителя,  $T_i$  - период водопотребления для  $i$ -го потребителя, значения отношений  $\frac{q_{T_i}^h}{T_i}$  приведены ранее в таблице 5,  $t_{\text{гор}}$  - температура воды в системе горячего водоснабжения, принята равной 55.00 градусов Цельсия,  $t_{\text{хол}}$  - температура воды в водопроводе, принята равной 5.00 градусам Цельсия, коэффициент  $K_T$  равный 1.10 учитывает потери тепла в трубопроводах горячей воды.

По результатам расчетов составлена сводная таблица о режиме водопотребления объекта.

Таблица 6

№	Наименование потребителя	Общий расход			Холодная вода			Горячая вода		
		л/с	м³/ч	л/сут	л/с	м³/ч	л/сут	л/с	м³/ч	л/сут
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Жилые дома квартирного типа с централизованным горячим водоснабжением с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами			4800.00			2880.00			1920.00
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
	Итого	0.71	1.32	4800.00	0.38	0.64	2880.00	0.46	0.87	1920.00
Максимальный тепловой поток (за час максимального водопотребления), кВт										55.25
Средний тепловой поток (в течение года), кВт										5.10

#### 4. УЗЕЛ УЧЕТА

Счетчик подобран на общий расход воды (холодная и горячая). Назначен диаметр условного прохода счетчика воды  $D_y=20.00$  мм. Потери напора в счетчике при пропуске максимального секундного расхода в  $q=0.71$  л/с составляют  $h=s \times q^2=2.58$  м.в.с. (при допустимых потерях в 5.00 метров),

где  $s$  – гидравлическое сопротивление счетчика составляет  $5.18000 \left( \frac{м}{(л/с)^2} \right)$ .

#### 5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

В соответствии с пунктом 3.3 СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий» для определенного ранее расхода воды прибором по формуле (2) СНиП 2.04.01-85 с учетом сосредоточенных расходов определены расчетные секундные расходы воды на участках сети. Для заданных диаметров участков сети рассчитаны скорости движения и потери напора на гидравлические сопротивления (по длине трубопроводов и на местные сопротивления). Гидравлический расчет производился для системы горячего водоснабжения. Соответствующая информация сведена в таблицу 7.

Таблица 7

№ участка	Количество приборов на участке	Общее количество приборов	Расход воды на прибор, л/с	Вероятность действия приборов	$N \times P$	$\alpha$	Сосредоточенный расход, л/с	Секундный расход, л/с	Расчетный диаметр трубопровода, мм	Скорость движения воды, м/с	Материал труб	Потери на участке, м.в.с.	Местные сопротивления, м.в.с.	Потери итого, м.в.с.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-2	12	12	0.20	0.02	0.2222	0.463	0.00	0.46	20	1.47	Металл	0.53	0.05	0.59

2-3	12	12	0.20	0.02	0.2222	0.463	0.00	0.46	20	1.47	Металл	0.53	0.05	0.59
3-4	6	12	0.20	0.02	0.1111	0.364	0.00	0.36	15	2.06	Металл	1.46	0.15	1.61
4-5	6	12	0.20	0.02	0.1111	0.364	0.00	0.36	15	2.06	Металл	1.46	0.15	1.61
5-6	3	12	0.20	0.02	0.0556	0.283	0.00	0.28	15	1.60	Металл	0.90	0.09	0.99
3-7	6	12	0.20	0.02	0.1111	0.364	0.00	0.36	15	2.06	Металл	1.46	0.15	1.61
7-8	3	12	0.20	0.02	0.0556	0.283	0.00	0.28	15	1.60	Металл	0.90	0.09	0.99



## 6. ДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ

Необходимый свободный напор  $H_{св}$  в месте присоединения ввода к городскому водопроводу, при наибольшем хозяйственно-питьевом потреблении, должен обеспечивать подачу воды на необходимую геометрическую высоту и нормальный свободный напор у диктующего водоразборного крана. При этом учитываются все сопротивления на вводе и в сети. Диктующий водоразборный кран расположен в узле 6.

Расчет производился по формуле  $H_{св} = h_c + h_p + h_z + h_{сч} = 5.380 + 3.000 + 7.000 + 2.58 = 17.96$  м.в.с.,

где  $h_c$  – потери напора от начального узла (узла подачи) до диктующей точки 5.380 м.в.с.,  $h_p$  – рабочий напор у диктующего прибора 3.000 м.в.с.,  $h_z$  – геометрическая высота подъема воды от начального узла (узла подачи) до оси диктующего водоразборного устройства 7.000 м,  $h_{сч}$  – потери напора в водосчетчике, приняты равными 2.58 м.в.с.

Зафиксировав величину  $H_{св}$ , можно определить располагаемые напоры в системе для всех узлов объекта. Соответствующая информация (без учета потерь напора в водосчетчике) сведена в таблицу 8.

Таблица 8

№ узла	Высотная отметка, м	Требуемый напор, м.в.с.	Располагаемый напор, м.в.с.
1	2	3	4
1	-2.00	3.00	15.38
2	-2.00	3.00	14.79
3	0.00	3.00	12.20
4	0.00	3.00	10.60
5	2.50	3.00	6.49
6	5.00	3.00	3.00
7	2.50	3.00	8.10
8	5.00	3.00	4.61