

- определение рабочих режимов мембран при работе с гидравлическими промывками и гидравлическим замачиванием;
- определение оптимальных гидродинамических режимов эксплуатации мембран – давление, расход на единицу площади при различных температурных режимах;
- определение расходов реагентов и затрат энергии;
- разработка оптимального алгоритма проведения процесса обработки сточных вод.

На основе полученных экспериментальных данных предстоит разработать математическую модель и рекомендации по проектированию систем обработки рассолов, что позволит оценивать основные технологические параметры.

1. Юрчевский Е.Б., Первов А.Г., Андрианов А.П., Пичугина М.А. Мембранные установки в системах водоподготовки электрических станций // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – №10. – С.43-50.

2. СНиП 2.04.02-84. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.

3. Фізико-хімічні основи очищення стічних вод / За ред. А.К. Запольського. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.

4. Орлов Н.С. Промышленное применение мембранных процессов. – М: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2007. – 226 с.

5. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. – М: Химия, 1986. – 272 с.

Получено 26.10.2010

УДК 628.14

А.И.ГУЗЫНИН, канд. техн. наук, А.А.ГУЗЫНИН

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Сравниваются модели водопотребления, которые приняты для расчетов наружных и внутренних водопроводных сетей. Предложено определение соответствующих коэффициентов для согласования этих моделей водопотребления.

Порівнюються моделі водоспоживання, які прийнято для розрахунків зовнішніх мереж водопостачання і внутрішніх водопровідних мереж. Запропоновано визначення відповідних коефіцієнтів для узгодження цих моделей водоспоживання.

The article is devoted to comparison of two models water consumptions which are accepted for the calculations of outward networks of water-supply and plumbings intranets. Determination of the proper coefficients is offered for the concordance of these models of water consumption.

Ключевые слова: водопотребление, детерминированная модель водопотребления, вероятностная модель водопотребления.

Централизованные постоянные наружные системы водоснабжения населенных пунктов проектируются в соответствии с действующими нормами [1]. Модель водопотребления в этом нормативном документе принята детерминированной. Расчетный (средний за год) суточный расход воды $Q_{сут.м}$ на хозяйственно-питьевые нужды определяется по нормам [1, п. 2.2]

$$Q_{сут.м} = q_{жс} \cdot U \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где $q_{жс}$ – удельное водопотребление на одного жителя, л/сут/чел.; U – количество жителей, чел.

Расчетный секундный расход воды q , по которому определяют диаметры трубопроводов магистральных водопроводных сетей населенных пунктов, учитывает коэффициенты суточной $K_{сут.макс}$ и часовой $K_{ч.макс}$ неравномерности водопотребления [1]

$$q = q_{жс} \cdot U \cdot 10^{-3} \cdot K_{сут.макс} \cdot K_{ч.макс} / (24 \cdot 3600). \quad (2)$$

Расчет внутреннего водопровода выполняется в соответствии с нормативным документом [2], в котором модель водопотребления принята вероятностной. Расчетные секундные расходы воды на участках разветвленных и кольцевых сетей рассчитываются по уравнению

$$q = 5 \cdot q_0 \cdot \alpha(N \cdot P), \quad (3)$$

где q_0 – секунднй расход воды водоразборной арматурой.

Коэффициент $\alpha(N \cdot P)$ зависит от количества санитарно-технических приборов N , вероятности P их одновременного действия и определяется по нормам [2, прил. 4, табл.1, 2].

Таким образом, расчет наружных сетей водоснабжения населенных пунктов выполняется на основании детерминированной модели водопотребления [1], а расчет внутренних сетей водоснабжения [2] – на основании вероятностной модели водопотребления.

Анализ основных публикаций показал, что в литературе нет рекомендаций или обоснований для согласования этих двух моделей водопотребления. В работах [3-5] указывается, что водопотребление носит случайный характер, а модель водопотребления принимается детерминированной. В работе [5] приводятся расчеты наружных сетей с детерминированной моделью водопотребления. В работах [9-11] расчеты внутренних сетей выполняются по нормам [2]. Однако о соотношении величин расходов, полученных по нормативным документам [1, 2], ничего не упоминается.

Естественно возникает вопрос, как эти две модели водопотребления согласуются между собой? Будут ли одинаковы величины водопотребления, подсчитанные по одной и по другой моделям водопотребления, при одинаковых исходных данных? Если по одной модели величина расчетного расхода получается больше, чем по другой, как их соотносить между собой, так как расход воды, которая поступает в водопроводную сеть от насосных станций второго подъема, рассчитанный по детерминированной модели водопотребления, не будет совпадать с водопотреблением, рассчитанным по вероятностной модели.

Цель статьи – выполнить анализ двух моделей водопотребления (детерминированной и вероятностной) для населенных пунктов с произвольным числом жителей, различной степенью благоустройства жилых домов и показать условие их совместимости и различие.

Рассмотрим водоснабжение населенного пункта. Максимальный суточный расход воды на хозяйственно-питьевые цели представим в виде [1]:

$$Q_{сут. max} = Q_{сут. m} \cdot K_{сут. max} \cdot \quad (4)$$

В нормах [1] указано, что коэффициент $K_{сут. max}$, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели, надлежит принимать равным $K_{сут. max} = 1,1-1,3$.

Максимальный часовой расход определяется по формуле

$$q_{ч. max} = K_{ч. max} \cdot Q_{сут. max} / 24. \quad (5)$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления зависит от двух параметров

$$K_{ч. max} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max}, \quad (6)$$

где β_{max} – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимаемый по нормам [1, табл.2]; α_{max} – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемый в пределах 1,2-1,4.

Более подробных рекомендаций по выбору коэффициента α_{max} в нормативном документе [1] не приводится.

Максимальный секундный расход воды (л/с), определяется по нормам [1] зависимостью

$$q_{с. max} = q_{жс} \cdot U \cdot K_{сут. max} K_{ч. max} / (24 \cdot 3600). \quad (7)$$

Уравнение (3) определяет расчетный расход для потребителей внутреннего водопровода, а уравнение (7) – для тех же потребителей,

но для наружного водопровода. Результаты расчета по уравнениям (3) и (7) для расхода в средние сутки [2] при $q_{u,m}^{tot} = 250$ л/сут./чел. приведены на рис.1.

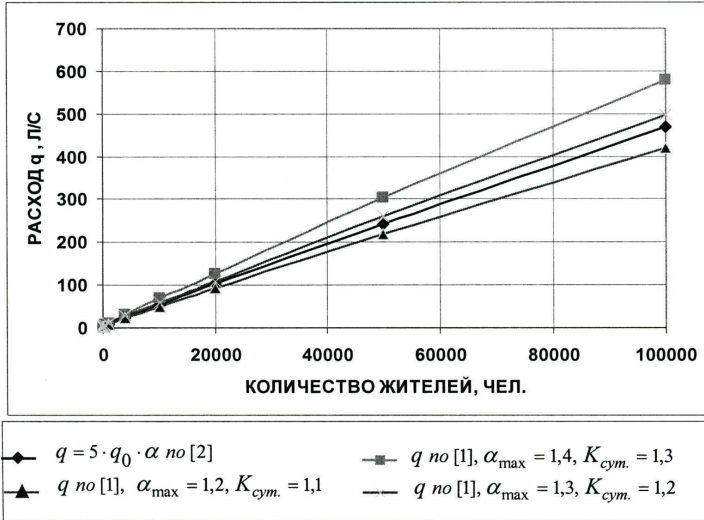


Рис.1 – Расчетные расходы воды, подсчитанные по методикам [1, 2] при переменном коэффициенте $K_{ч. max}$

Расходы, подсчитанные по уравнению (3), оказываются больше, чем вычисленные при помощи уравнения (7), при минимальных значениях $\alpha_{max} = 1,2$ и $K_{сут. max} = 1,1$, т.е. расходы, полученные по методике расчета внутреннего водопровода, оказывается больше, чем расходы, полученные по методике расчета наружного водопровода. При средних и максимальных значениях $\alpha_{max} = 1,3 - 1,4$ и $K_{сут. max} = 1,2 - 1,3$ расходы, подсчитанные по уравнению (3), оказываются меньше, чем определенные при помощи уравнения (7), т.е. расход внутреннего водопровода оказывается меньше, чем наружного. Расчеты по уравнению (7) выполнены при переменном коэффициенте часовой неравномерности водопотребления.

Так как потребители воды одни и те же и их количество одинаковое, то расходы, вычисленные по уравнениям (3) и (7), должны быть одинаковыми.

Приравняв правые части уравнений (3) и (7), получим выражение

максимального коэффициента часовой неравномерности водопотребления, при котором расходы на хозяйственно-питьевые нужды населения, рассчитанные по нормативным документам [1, 2], будут совпадать

$$K_{\text{час. max}} = \frac{5 \cdot q_0 \cdot \alpha (N \cdot P)}{(q_{\text{ж}} \cdot U \cdot K_{\text{сут. max}}) / (24 \cdot 3600)}. \quad (8)$$

Так как из формулы (6) следует, что β_{max} является фиксированной величиной и определяется количеством жителей, то уравнение (8) фактически определяет коэффициент α_{max} :

$$\alpha_{\text{max}} = \frac{5 \cdot q_0 \cdot \alpha (N \cdot P)}{q_{\text{ж}} \cdot U \cdot K_{\text{сут. max}} \cdot \beta_{\text{max}} / (24 \cdot 3600)}. \quad (9)$$

Таким образом, коэффициент α_{max} пропорционален количеству включенных водоразборных приборов $\alpha (N \cdot P)$, расходу q_0 одного прибора, т.е. зависит от степени благоустройства зданий, наличия централизованного или децентрализованного горячего водоснабжения и вероятности одновременного действия водоразборных приборов P .

Коэффициент α_{max} обратно пропорционален удельному водопотреблению, количеству жителей, коэффициенту суточной неравномерности водопотребления и коэффициенту β_{max} , который в свою очередь является функцией количества жителей населенного пункта, района или отдельного жилого дома.

Коэффициент β_{max} с достаточной для практических целей точностью описывается уравнением М.М.Андряшева [7]

$$\beta_{\text{max}} = 1 + 1 / \sqrt{0,001 \cdot U}. \quad (10)$$

Уравнение (9) с учетом формулы (10) принимает вид:

$$\alpha_{\text{max}} = \frac{5q_0 \cdot \alpha (N \cdot P)}{q_{\text{ж}} \cdot U \cdot K_{\text{сут. max}} (1 + 1 / \sqrt{0,001 \cdot U}) / (24 \cdot 3600)} \quad (11)$$

или

$$\alpha_{\text{max}} = \frac{4,32 \cdot 10^5 \cdot q_0 \cdot \alpha (N \cdot P)}{q_{\text{ж}} \cdot U \cdot K_{\text{сут. max}} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{0,001 \cdot U}} \right)}. \quad (12)$$

Учет переменного коэффициента β_{max} для расчета кольцевых сетей водоснабжения вызывает определенные затруднения [6-8]. Поэто-

му коэффициент β_{\max} принимается постоянным для всего населенного пункта или, в крайнем случае, для отдельных его районов. Максимальный часовой расход, полученный при $\beta_{\max} = const$ для всего населенного пункта, используется для расчета кольцевых водопроводных сетей.

В этом случае расчетные расходы воды в некоторых узлах сети (точки схода потоков, наиболее удаленные от ввода узлы сети и т.д.) окажутся заниженными, хотя фактически коэффициент β_{\max} для них будет больше, чем для всего населенного пункта.

Покажем, насколько расходы воды по нормам [1] в сети, обслуживающей часть населения, будут отличаться от расходов, подсчитанных по нормам [2].

Водопотребление на одного жителя в средние сутки принимали по нормативному документу [2, прил.3] и изменяли от 95 до 360 л/сут./чел. Количество населения в городе – 300 тыс. чел. Коэффициент $\beta_{\max} = 1,05$. Пусть отдельные узлы или группы узлов кольцевой сети обслуживают потребителей с количеством 100, 1000, 5000 чел. и более. Коэффициент $K_{\text{сут. max}}$ принимался 1,1 и 1,3. Граничные значения коэффициентов α_{\max} по нормативному документу [1] равны 1,2 и 1,4. Некоторые результаты расчетов приведены на рис.2.

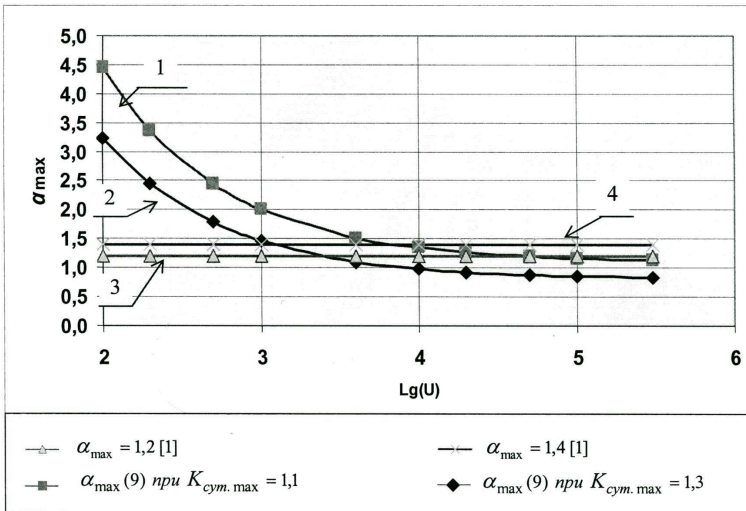


Рис.2 – Соотношение α_{\max} по нормам [1] и по формуле (9)

Коеффіцієнти α_{\max} рассчитаны по уравнению (9) при водопотреблении на одного жителя $q_{жс} = q_{и,м}^{tot} = 250$ л/сут./чел. Кривые 1 и 2 – это значения коэффициента α_{\max} , полученные из уравнения (9), при $K_{сум.макс} = 1,1$ и $K_{сум.макс} = 1,3$ соответственно. Линия 1 пересекает прямые $\alpha_{\max} = 1,4$ и $\alpha_{\max} = 1,2$ [1] в двух точках. При количестве жителей $U1 = 8,2$ тыс. чел. и $U2 = 70$ тыс. чел. Эти точки получены при $K_{сум.макс} = 1,1$. При $K_{сум.макс} = 1,3$ точки пересечения линии 2 с константами $\alpha_{\max} = 1,4$ и $\alpha_{\max} = 1,2$ смещаются влево до значений $U3 = 1,2$ тыс. чел. и $U4 = 4,5$ тыс. чел.

Точки пересечения кривых 1 и 2 с $\alpha_{\max} = 1,2$ и $\alpha_{\max} = 1,4$ [1] – это частные случаи, когда водопотребление, рассчитанное по методике [1], совпадает с водопотреблением, рассчитанным по методике [2].

Таким образом, водопотребление, подсчитанное по методике расчета наружного водопровода [1], будет меньше, чем по методике расчета внутреннего водопровода [2] для количества жителей меньше U . При количестве жителей, равном U , обе методики дают одинаковый результат. При количестве жителей $>U$ водопотребление, подсчитанное по методике расчета наружного водопровода [1], будет больше, чем по методике расчета внутреннего водопровода [2]. Граничное количество жителей, при котором обе методики дают одинаковый результат, можно определить, решив уравнение (11) при $\alpha_{\max} = 1,2, \dots, 1,4$.

Если коэффициент α_{\max} в методике [1] вычислять по уравнению (9), либо по уравнениям (11), (12), то при любых сочетаниях исходных данных и значениях U и $K_{сум.макс}$ водопотребление, рассчитанное по методикам [1, 2], будет одинаковым.

На рис.3 приведены результаты расчета коэффициента α_{\max} по уравнению (9) для различной степени благоустройства жилых домов [2].

Графики образуют семейство кривых, которые пересекаются с константами $\alpha_{\max} = 1,4$ и $\alpha_{\max} = 1,2$, рекомендуемыми нормативным документом [1].

Кривые, расположенные ниже линии CD, свидетельствуют о том, что коэффициент α_{\max} , рассчитанный по уравнению (9), получается меньше, чем рекомендуется в нормативном документе [1].

Для кривых, расположенных внутри области АВДС, коэффициент α_{\max} совпадает со значениями, рекомендуемыми нормами [1].

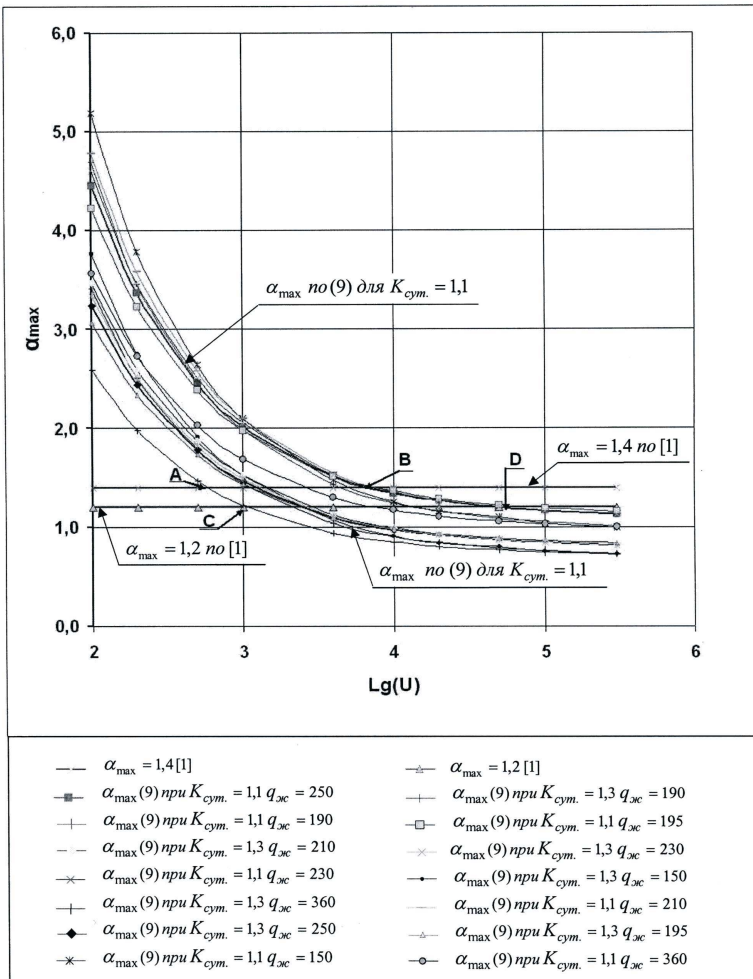


Рис.3 – Сопоставление коэффициента α_{\max} , рассчитанного по уравнению (9), с данными нормативного документа [1] для различной степени благоустройства жилых домов и $\beta_{\max} = \text{const}$ для города в целом

Рассмотрим изменение функции (11) при переменном коэффициенте часовой неравномерности водопотребления, т.е. когда β_{\max} изме-

няється с изменением U для отдельных линий водопроводной сети. Некоторые результаты расчетов приведены на рис.4.

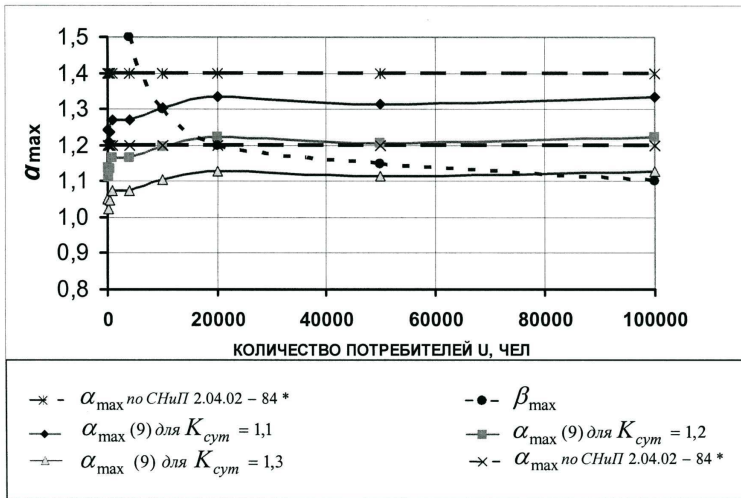


Рис.4 – Изменение коэффициента α_{\max} в зависимости от количества потребителей U и $K_{\text{сут}}$ при переменном β_{\max} для $q_{u,m}^{\text{от}} = 250$ л/сут./чел.

В этом случае значения α_{\max} , полученные по формуле (11), оказываются равными или меньше значений α_{\max} , которые приведены в нормативном документе [1].

Выводы

1. Назначение коэффициента β_{\max} постоянным для всего города или отдельного его района приводит к тому, что расходы воды, рассчитанные по СНиП 2.04.02-84*, оказываются меньше расходов, рассчитанных по СНиП 2.04.01-85* для определенного количества потребителей. Поэтому, в отдельных группах домов, районах или микрорайонах населенных пунктов, наиболее удаленных от источника водоснабжения, может наблюдаться дефицит воды.

2. Уравнения (9), (11), (12) позволяют вычислить коэффициент α_{\max} , при котором расход для хозяйственно-питьевых целей, вычисленный по методике расчета наружного водопровода [1], будет равен расходу, определенному по методике расчета внутреннего водопровода [2].

3. Расходы воды, вычисленные по СНиП 2.04.02-84* для хозяйственно-питьевых целей населения, необходимо проверять на величину расхода, вычисленного по СНиП 2.04.01-85* для отдельных групп зданий, районов и микрорайонов либо учитывать изменение коэффициента β_{\max} для каждой линии сети.

1.СНиП 2.04.02 -84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1984. – 136 с.

2.СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Стройиздат, 1985. – 74 с.

3.Сомов М.А. Водоснабжение. Т.1. Системы забора, подачи и распределения воды / М.А. Сомов, М.Г. Журба. – М.: АСВ, 2010. – 262 с.

4.Абрамов Н.Н. Водоснабжение / Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.

5.Абрамов Н.Н. Расчет водопроводных сетей / Н.Н. Абрамов, М.М. Поспелова, В.Н. Варапаев. – М.: Стройиздат, 1986. – 304 с.

6.Тугай А.М. Водопостачання / А.М. Тугай, В.О. Орлов. – К.: Знання, 2009. – 735 с.

7.Андрияшев М.М. Расчеты водопроводных сетей с учетом коэффициентов часовой неравномерности водопотребления / М.М. Андрияшев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1974. – №11. – С.7-10.

8.Мошнин Л.Ф. Расчет водопроводных сетей при переменном коэффициенте часовой неравномерности водопотребления / Л.Ф. Мошнин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1974. – № 11. – С.11-14.

9.Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.2. Водопровод и канализация / Под. ред. И.Г.Старовойтова, Ю.И.Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – 248 с.

10.Кедров В.С. Санитарно-техническое оборудование зданий / В.С.Кедров, Е.Н. Ловцов. – М.: Стройиздат, 1989. – 495 с.

11.Кравченко В.С. Санітарно-технічне обладнання будинків / В.С. Кравченко, Л.А. Саблій, П.Л. Зінич. – К.: Кондор, 2007. – 458 с.

Получено 22.09.2010

УДК 628.12

В.Г.НОВОХАТНІЙ, канд. техн. наук, **С.О.КОСТЕНКО**

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Розроблено комп'ютерну програму на мові Turbo Pascal для розрахунку надійності насосних станцій, які систематизовані за своєю структурою.

Разработана компьютерная программа на языке Turbo Pascal для расчета надежности насосных станций, которые систематизированы по своей структуре.

A computer program in Turbo Pascal is developed for computing the reliability of pumping stations, which are grouped by the structure.

Ключові слова: насосна станція, надійність.