

АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ЕМКОСТИ  
РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫНиколенко<sup>1</sup> И.В., Котовская<sup>2</sup> Е.Е.Институт «Академия строительства и архитектуры» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,  
Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181  
E-mail: <sup>1</sup> nikoshi@mail.ru, <sup>2</sup> elevkot@gmail.com

**Аннотация.** Статья посвящена одной из актуальных проблем проектирования систем водоснабжения новых микрорайонов города, при которых застройщик, стремящийся получить высокую прибыль, не осуществляет проектирование и строительство резервуаров чистой воды (РЧВ), которые могли бы обеспечить бесперебойное водоснабжение. Рассмотрены существующие методики определения регулирующей емкости РЧВ. Определены значения процентного соотношения регулирующей емкости от суточного водопотребления рассматриваемых микрорайонов и различном времени заполнения РЧВ.

**Предмет исследования:** Методики определения регулирующей емкости резервуаров чистой воды при проектировании систем водоснабжения новых микрорайонов.

**Материалы и методы:** Проектирование систем водоснабжения новых микрорайонов с различным числом жителей, обуславливает задачи, при которых значение коэффициентов часовой неравномерности существенно отличаются от приведенных в нормативно-справочной литературе, что приводит к затруднению в последующих расчетах. Выполнен анализ различных методик определения регулирующего объема РЧВ, в зависимости от широкого диапазона коэффициентов часовой неравномерности водопотребления. Рассмотрена аналитическая зависимость отношения максимальной часовой подачи воды в регулируемую емкость к среднему часовому расходу в сутки максимального водопотребления. Эта зависимость применена для непрерывной работы насосной установки с различной производительностью в течение расчетного периода наибольшего водопотребления или работе насосной установки в режиме долгосрочных включений.

**Результаты:** Определены процентные соотношения регулирующего объема в зависимости от максимальной суточной подачи при значениях коэффициента максимальной часовой неравномерности в диапазоне 2,5...6,3, для которых отсутствуют расчетные рекомендации, по определению регулирующей емкости РЧВ. Также определены рекомендуемые диапазоны времени заполнения РЧВ, соответствующие коэффициентам часовой неравномерности в этом диапазоне.

**Выводы:** Результаты исследований позволяют определить величину регулирующей емкости резервуаров чистой воды при проектировании систем водоснабжения новых микрорайонов при значениях коэффициента максимальной часовой неравномерности в диапазоне 2,5...6,3.

**Ключевые слова.** Резервуары чистой воды, система подачи и распределения воды, многоквартирные жилые дома, микрорайоны, коэффициент максимальной часовой неравномерности, регулирующий объем, аварийный объем, неприкосновенный противопожарный запас.

## ВВЕДЕНИЕ

Особенностью городских систем водоснабжения, является то, что, объемы и режимы водопотребления меняются непрерывно в течении суток в зависимости от различных случайных событий и характеризуются неравномерностью. Основными факторами, которые влияют на степень неравномерности водопотребления являются: число жителей в населенном пункте, степень благоустройства зданий, режимы работы предприятий и другие местные условия. Обеспечить режим подачи воды, который в точности соответствует режиму водопотребления, достаточно сложно реализовать практически, а также такой режим оказывает существенно влияет на энергоэффективность и надежность всей системы водоснабжения. Для снижения воздействия степени неравномерности водопотребления в системах водоснабжения устанавливаются регулирующие емкости, которые позволяют приблизить к графику водопотребления режимы работы системы водоснабжения, а также уменьшить

энергопотребление, так как максимальную подачу насосных агрегатов принимают меньше максимального часового расхода. В действующей нормативно-справочной литературе для расчета наружных сетей систем водоснабжения рассматриваются коэффициенты часовой неравномерности в диапазоне 1,2...2,5, которые являются основой определения конструктивных параметров регулирующих емкостей. При строительстве новых микрорайонов города, число жителей как правило находится в диапазоне 1,5...2,5 тысячи человек. При таком числе жителей диапазон коэффициентов неравномерности может достигать 3,5...6, что приводит к сложности обоснования принимаемых решений в последующих расчетах параметров регулирующих емкостей. С другой стороны, застройщики, которые стремятся получить высокую прибыль, не выполняют проектирование и строительство резервуаров чистой воды (РЧВ), которые являются регулируемыми емкостями и могут обеспечить бесперебойное водоснабжение жителям микрорайона. Применяемые в настоящее время схемы подключения систем водоснабжения новых

микрорайонов непосредственно к напорным водоводам не позволяют обеспечить бесперебойное водоснабжение, увеличивает энергопотребление, а также создает дополнительные динамические нагрузки в сетях (п. 4 п. 6.117 СНиП 2.04.02-84 [1]).

На территории г. Симферополь, за период с 2014 года и по настоящее время, осуществляется интенсивная застройка современными микрорайонами, значительно увеличивающими численность населения столицы Республики Крым. Застройка города осуществляется за счет перевода земель сельхоз назначения в земли населенных пунктов под многоквартирную жилую застройку. К самым крупным микрорайонам относятся: «Крымская роза» – 15 тыс. жителей; «Жигулина роща» – 10 тыс. жителей; «Город мира» – 5,2 тыс. жителей; «Солнечный парк» – 6,6 тыс. жителей, мкр. «Грэсовский» – 3 тыс. жителей и т.д.

При проектировании современных жилых микрорайонов в г. Симферополь застройщики, экономя на инфраструктуре объекта, проектируют насосные станции, забирающие воду непосредственно из водопроводной сети города и подающие в многоэтажные жилые дома, исключая такое значимое сооружение как резервуары чистой воды (РЧВ). В некоторых случаях в проектах новых микрорайонов (мкр. «Город мира») предусматривают резервуары для пожаротушения, оборудованные противопожарными насосами, включение в работу, которых должно обеспечить режимы пожаротушения. Так как не во всех новых микрорайонах города Симферополь, предусмотрены РЧВ, что в конечном итоге приводит к режимной подаче воды в многоквартирных жилых домах. Например, новый микрорайон: «Город Мира», расположенный на улице Батурина, принадлежащей IV зоне водоснабжения г. Симферополь (I зона – 220...290 м; II зона – 290...360 м; III зона – 360...395; IV зона – 395...460 м), и в которой режимная подача воды, соответственно и в распределительной сети микрорайона соответствующий режим подачи воды. Если бы застройщиком было предусмотрено строительство РЧВ, жильцы современных многоквартирных жилых домов могли быть обеспечены в ночные часы водой, микрорайон имел бы запас на аварийно-восстановительные работы на сетях системы подачи и распределения воды (СПРВ). Рабочий график современного человека трудоспособного возраста значительно интенсивен, и возвращаясь домой после полуночи жильцы многоэтажных жилых домов не имеют возможности элементарно помыть руки, не говоря об иных гигиенических процедурах, что вынуждает их принимать меры, в виде приобретения каких-либо накопительных емкостей и насосного оборудования, что в условиях квартир малой площади создает определенные неудобства эргономического характера. Еще одним примером может служить активно застраиваемый в данный момент жилой микрорайон «Солнечный парк». К территории микрорайона проведены 2 тупиковых

водовода от разных источников питания  $Dу500$  и  $Dу150$ . Расчетное количество жителей в указанном микрорайоне составляет 6,6 тысяч человек, также на территории предусматривается размещение 2-х детских садов (вместимостью 160 и 220 мест) и общеобразовательной школы (860 учащихся). Застройка планируется пятью очередями, которые подразделяются на этапы. Строительство РЧВ позволило бы иметь запас воды на весь микрорайон, обеспечить бесперебойную подачу воды населению, а также предоставить возможность развивать инфраструктуру близлежащих территорий на перспективу. В таблице 1 приведены расчеты по очередям строительства микрорайона «Солнечный парк». Застройщиком принято решение о заборе воды непосредственно из 2-х тупиковых трубопроводов, что автоматически уменьшает надежность работы системы и ставит водоснабжение всего микрорайона в зависимость от работы тупиковых водоводов [6]. Данное решение обусловлено экономией земельных площадей с последующей застройкой многоквартирными жилыми домами, от продажи квартир которых застройщик получит повышенную прибыль, совершенно не заботясь о будущем комфорте жителей микрорайона.

Таким образом строительство резервуаров по ТП 901-4-60,83 (п. 23-24 таблица 1) габаритами  $18*18*4,8(h)$  позволило бы обеспечить весь проектируемый район «Солнечный парк» стабильным водоснабжением, а также поддержать развитие системы водоснабжения, путем строительства водоводов и РЧВ для дальнейшего развития многоквартирной жилой застройки в данном направлении. Фактически каждую очередь строительства раздробили на строительство отдельных многоквартирных жилых домов и их подключение к существующим тупиковым водоводам. Перечисленные положение обуславливает необходимость рассмотрения вопросов, связанных с расчетом и проектированием РЧВ.

## ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение объема РЧВ является одной из значимых задач системы водоснабжения любого производственного или селитебного комплекса. РЧВ по своему назначению могут подразделяться на активные (напорные) и пассивные (безнапорные) или комбинированные [5]. По назначению РЧВ могут быть регулирующими, запасными, противопожарными или объединенными. На территории РК наибольшее распространение получили РЧВ объединенного назначения, в которых хранится регулирующий, противопожарный, аварийный запас воды. Так как большая часть территории РК находится в зоне повышенной сейсмоактивности (сейсмичность 8 баллов), то согласно п. 16.3 СП 31.1330.2012 [1] в

РЧВ предусматривается двойной противопожарный запас.

определения регулирующей емкости резервуаров чистой воды.

Цель данной работы – рассмотреть и проанализировать существующие методики

**Таблица 1.** Сводные результаты расчетов по определению расчетных расходов водопотребления по этапам строительства жилого комплекса "Солнечный парк"

**Table 1.** Summary results of calculations to determine the estimated water consumption costs for the stages of construction of the residential complex "Solnechny Park"

№	Наименование показателя	I очередь	II очередь	III очередь	IV очередь	V очередь
1	Число жителей, N человек	1772	2676	3832	5423	6579
2	Расчетное количество одновременных пожаров	1	1	1	1	1
3	Максимальные значения расхода воды на пожаротушение, л/с	25,2	90,4	90,4	90,4	90,4
4	Коэффициент суточной неравномерности водопотребления, $K_{сут. max}$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
5	Коэффициент суточной неравномерности водопотребления, $K_{сут. min}$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
6	Минимальное суточное водопотребление, м <sup>3</sup> /сут	362,85	783,73	1073,84	1466,75	1732,53
7	Среднее суточное водопотребление, м <sup>3</sup> /сут	574,08	1128,95	1555,82	2123,41	2525,95
8	Максимальное суточное водопотребление, м <sup>3</sup> /сут	659,67	1285,25	1767,95	2412,39	2870,77
9	Коэффициент часовой неравномерности водопотребления $K_{ч. max}$	2,10	1,91	1,81	1,72	1,67
10	Коэффициент часовой неравномерности водопотребления $K_{ч. min}$	0,06	0,07	0,11	0,14	0,16
11	Час максимального водопотребление в сутки максимального водопотребления	11-12	12-13	18-19	18-19	8-9
12	Расход в час максимального водопотребления в сутки максимального водопотребления, м <sup>3</sup> /ч	46,66	87,75	119,79	162,87	193,69
13	Час среднего водопотребление в сутки максимального водопотребления	15-16	8-9	16-17	10-11	19-20
14	Расход в час среднего водопотребления в сутки максимального водопотребления, м <sup>3</sup> /ч	27,49	53,55	73,66	100,52	119,62
15	Час минимального водопотребление в сутки максимального водопотребления	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1
16	Расход в час минимального водопотребления в сутки максимального водопотребления, м <sup>3</sup> /ч	3,85	8,29	11,94	17,82	21,17
17	Час максимального водопотребление в сутки максимального водопотребления на период пожаротушения, м <sup>3</sup> /ч	372,10	413,19	445,23	488,31	519,13
18	в сутки среднего потребления - среднего часового расхода;	23,92	47,04	64,83	88,48	105,25
19	в сутки минимального водопотребления - минимального часового расхода.	0,91	2,25	4,86	8,69	11,69
20	Необходимый объем РЧВ:	1348,82	1633,27	1912,37	2224,04	2437,75
21	Регулирующий объем РЧВ, м <sup>3</sup>	134,75	272,65	390,98	529,35	629,26
22	Аварийный объем, м <sup>3</sup>	153,92	299,89	412,52	562,89	669,85
23	Удвоенный неприкосновенный противопожарный объем:	1060,14	1060,73	1108,87	1131,80	1138,64
24	В проекте предлагается принять 2 РЧВ по ТП 901-4-60,83 габаритами 18*18*4,8 (h), номинальным объемом $W=1400 \text{ м}^3$					

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Резервуары чистой воды – являются одним из значимых элементов в системе водоснабжения населенных пунктов, от них зависит стабильность и бесперебойность подачи воды населению, аккумулярование запаса воды на случай выполнения аварийно-восстановительных работ на системе подачи трубопроводов на заполнения РЧВ (водоводов), в них содержится неприкосновенный противопожарный запас.

Существуют различные методики для определения регулирующего объема РЧВ:

- метод, основанный на коэффициенте часовой неравномерности, табличный или графический способ [5];

- метод, рекомендуемый СНиП 2.04.02-84 [1] и который в современный СП 31.133030.2012 [2] не включен;

- метод, описанный в СП 30.13330.2020 [3].

Табличный метод определения объема регулирующей емкости заключается в составлении расчетной таблицы поступления и забора воды из РЧВ, в следующем виде, в примере расчет приведен для коэффициента часовой неравномерности  $K_v=2,5$  и равномерной работы насосов, предназначенных для заполнения РЧВ:

**Таблица 2.** Табличная форма для определения регулирующей емкости РЧВ при  $K_v=2,5$   
**Table 2.** Tabular form for determining the control capacity of a clean water tank at  $K_v=2,5$

Часы суток	Водопотребление, %	Подача по водоводам в РЧВ, %	Поступление воды в РЧВ, %	Забор воды из РЧВ, %	Остаток воды в РЧВ, %
1	2	3	4	5	6
0-1	0,6	4,167	3,57		3,57
1-2	0,6	4,167	3,57		7,13
2-3	1,2	4,167	2,97		10,10
3-4	2	4,167	2,17		12,27
4-5	3,5	4,167	0,67		12,93
5-6	3,5	4,167	0,67		13,60
6-7	4,5	4,167		0,33	13,27
7-8	10,2	4,167		6,03	7,23
8-9	8,8	4,167		4,63	2,60
9-10	6,5	4,167		2,33	0,27
10-11	4,1	4,167	0,07		0,33
11-12	4,1	4,167	0,07		0,40
12-13	3,5	4,167	0,67		1,07
13-14	3,5	4,167	0,67		1,73
14-15	4,7	4,167		0,53	1,20
15-16	6,2	4,167		2,03	-0,83
16-17	10,4	4,167		6,23	-7,07
17-18	9,4	4,167		5,23	-12,30
18-19	7,3	4,167		3,13	-15,43
19-20	1,6	4,167	2,57		-12,87
20-21	1,6	4,167	2,57		-10,30
21-22	1	4,167	3,17		-7,13
22-23	0,6	4,167	3,57		-3,57
23-24	0,6	4,167	3,57		0,00
Всего:	100	100,000	30,50	30,50	

Итоговое значение столбцов 4 и 5 должны быть равны между собой, а в столбце 6 значение, соответствующее 23-24 часу должно быть равно 0.

Регулирующий объем РЧВ определяют по выражению:

$$W_{рег} = \left( \frac{|a| + |b|}{100} \right) \cdot Q_{сут. max}, \quad (1)$$

где  $W_{рег}$  – регулирующий объем в РЧВ;  $a$  и  $b$  – наибольшие значения превышения и недостачи остатков воды в РЧВ, принятых по абсолютной величине (6 столбец); проценты водопотребления

(таблица 3), принимают по таблице распределения по часам суток (таблица 2) – (столбец 2), в случае, когда на территории рассматриваемого микрорайона представлена не только жилая застройка на и здания общественно-социального назначения, процентное распределения определяют путем суммирования всех расходов водопотребления по всем группам потребителей и пересчета процентов от суммарного водопотребления;  $Q_{сут. max}$  – максимально суточное водопотребление рассматриваемого микрорайона.

**Таблица 3.** Распределение суточного расхода воды населением по часам суток, % [8]  
**Table 3** Distribution of daily water consumption by the population by hours of the day, % [8]

Часы суток	Расход воды населенным пунктом, % от суточного, при коэффициенте часовой неравномерности водопотребления											
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0-1	3,5	3,35	3,2	3,0	2,5	2	1,5	1	0,9	0,85	0,75	0,6
1-2	3,45	3,25	3,25	3,2	2,65	2,1	1,5	1	0,9	0,85	0,75	0,6
2-3	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1	0,9	0,85	1	1,2
3-4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1	1	1	1	2
4-5	3,4	3,25	3,35	3,5	3,2	2,85	2,5	2	1,35	2,7	3	3,5
5-6	3,55	3,4	3,75	4,1	3,9	3,7	3,5	3	3,85	4,7	5,5	3,5
6-7	4	3,85	4,15	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,2	5,35	5,5	4,5
7-8	4,4	4,45	4,65	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5	10,2
8-9	5	5,2	5,05	4,9	5,35	5,8	6,25	6,5	5,5	4,5	3,5	8,8
9-10	4,8	5,05	5,4	5,6	5,85	6,05	6,25	5,5	5,85	4,2	3,5	6,5
10-11	4,7	4,85	4,85	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5	5,5	6	4,1
11-12	4,55	4,6	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5	4,1
12-13	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5	7	7,5	7,5	8,5	3,5
13-14	4,45	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5	7	6,7	6,35	6	3,5
14-15	4,6	4,75	4,4	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,35	5,2	5	4,7
15-16	4,6	4,70	4,55	4,4	4,6	5,3	6	4,5	4,65	4,8	5	6,2
16-17	4,6	4,65	4,5	4,3	4,9	5,45	6	5	4,5	4,0	3,5	10,4
17-18	4,3	4,35	4,25	4,1	4,6	5,05	5,05	6,5	5,5	4,5	3,5	9,4
18-19	4,35	4,4	4,45	4,5	4,7	4,85	5	6,5	6,3	6,2	6	7,3
19-20	4,25	4,30	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5,35	5,7	6	1,6
20-21	4,25	4,30	4,4	4,5	4,4	4,2	4,45	4,5	5	5,5	6	1,6
21-22	4,15	4,20	4,5	4,8	4,2	3,6	3	3	3	3	3	1
22-23	3,9	3,75	4,2	4,6	3,7	2,85	2	2	2	2	2	0,6
23-24	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1	1	1	1	0,6
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

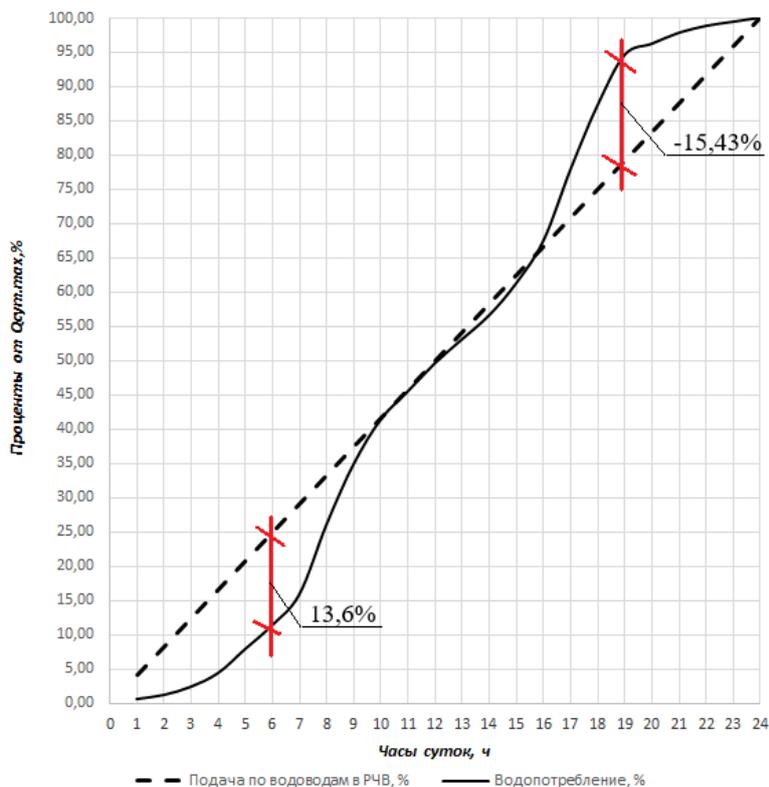
Графический способ определения объема регулирующей емкости заключается в совместном

построении графика интегрального водопотребления и графика интегральной работы

насоса, а также нахождения максимальной разности ординат превышения одного графика над другим (рисунок 1) [7].

Первый указанный метод (табличный и графический) имеет ограничение, так как таблицы

процентного распределения водопотребления (таблица 3) охвачены коэффициентом часовой неравномерности в диапазоне  $K_{ч,max}=1,2 \dots 2,5$ .



**Рис. 1.** Интегральный график водопотребления и подачи по водоводам при  $K_{ч}=2,5$   
**Fig. 1.** Integral graph of water consumption and supply through water pipelines at  $K_{ч}=2,5$

В таблице 4 представлены коэффициенты часовой неравномерности полученные, путем произведения коэффициента  $\beta$  (из таблицы 2 СП 31.13330.2012 [1]) и коэффициента  $\alpha = 1,2 \dots 1,4$  п. 5.2 СП 31.13330.2012 [1].

**Таблица 4.** Результаты определения значения коэффициента максимальной часовой неравномерности  $K_{ч,max}$   
**Table 4.** The results of determining the value of the coefficient of maximum hourly irregularity  $K_{ч,max}$

Численность жителей, тыс. чел.	До 0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
$\beta$	4,5	4	3,5	3	2,5	2,2	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$K_{ч,max}$ при $\alpha=1,2$	5,4	4,8	4,2	3,6	3	2,64	2,4	2,16	1,92	1,8	1,68	1,56	1,44	1,38	1,32	1,26	1,2
$K_{ч,max}$ при $\alpha=1,3$	5,85	5,2	4,55	3,9	3,3	2,86	2,6	2,34	2,08	1,95	1,82	1,69	1,56	1,5	1,43	1,37	1,3
$K_{ч,max}$ при $\alpha=1,4$	6,3	5,6	4,9	4,2	3,5	3,08	2,8	2,52	2,24	2,1	1,96	1,82	1,68	1,61	1,54	1,47	1,4

В таблице 4 желтым цветом (шрифт жирный курсив), выделены значения коэффициентов максимальной часовой неравномерности, значениям которых соответствуют данным коэффициента часовой неравномерности, приведенным в таблице 3, синим цветом выделены

значения коэффициента часовой неравномерности, отсутствующие в таблице 3 – таблице распределения процентного водопотребления, соответственно воспользоваться табличным или графическим методом [4] не представляется возможным.

Например, для нескольких многоквартирных жилых домов (МЖД) следует предусмотреть резервуары чистой воды, при этом коэффициент максимальной часовой неравномерности составил  $K_{ч.макс} = 3,5$ , в то время как в таблице распределения процентного водопотребления (таблица 3) это значение ограничено  $K_{ч.макс} = 2,5$ . Данную расчетную

$$W_{рез} = Q_{сут.макс} \cdot \left[ 1 - K_n + (K_n - 1) \cdot \left( \frac{K_n}{K_n - 1} \right)^{\frac{K_n}{K_n - 1}} \right], \quad (2)$$

где  $Q_{сут.макс}$  – расход воды в сутки максимального водопотребления,  $м^3/сут$ ;  $K_n$  – отношение максимальной часовой подачи воды в регулируемую емкость при станциях водоподготовки, насосных станциях или в сеть водопровода с регулирующей емкостью к среднему часовому расходу в сутки максимального водопотребления.

Третий способ - метод, описанный в п. 14.9 формула 23 СП 30.13330.2020 [3], применим при непрерывной работе насосной установки с различной производительностью в течение расчетного периода (сутки, смена) наибольшего водопотребления или работе насосной установки в режиме долгосрочных включений, также в приложении Д СП 30.13330.2020 [3] представлены значения регулирующего объема резервуара, расход воды за период ее потребления, при заданных неравномерностях подачи и потребления и охвачены значения  $K_{hr} = 1, 2 \dots 6$ , при  $K_{hr}^{sp} = 1 \dots 4$ , где  $K_{hr}$  – коэффициент часовой неравномерности;  $K_{hr}^{sp}$  – коэффициент часовой неравномерности подачи воды насосами в сутки (смену) максимального

задачу необходимо оперативно решить какими-либо другим методом, для этого случая следует воспользоваться способом, описанным в СНиП 2.04.02-84 [1], в котором было представлено выражение для определения регулирующего объема РЧВ в виде:

водопотребления. Аналогичный способ описан в [4].

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим подробнее отношение  $K_n$  и методику его определения, обозначив максимальную часовую подачу воды в регулируемую емкость как  $Q_{вс} = Q_{сут.макс}/T$ , где  $T$  – время работы водоводов, заполняющих РЧВ. Очевидно, что значение отношения  $K_n$  может рассматриваться в диапазоне времени от 1 до 24 часов. Поэтому определим значения отношения  $K_n$  в указанном диапазоне времени.

Если время заполнения РЧВ составит 1 час, то  $Q_{сут.макс}/1$  – отношение максимальной часовой подачи воды в регулируемую емкость при станциях водоподготовки, насосных станциях (НС) или в сеть водопровода с регулирующей емкостью – суточный расход делят на период работы НС или водовода по заполнению РЧВ, то в рассматриваемом примере – 1 час:

$$K_n = \frac{Q_{сут.макс}}{1} \cdot \frac{1}{q^{tot}_T} = \frac{Q_{сут.макс}}{1} \cdot \frac{24}{Q_{сут.макс}} = 24.$$

Пусть время заполнения РЧВ составляет 24 часа, тогда  $Q_{сут.макс}/24$  – отношение максимальной часовой подачи воды в регулируемую емкость при станциях водоподготовки, насосных станциях или в сеть водопровода с регулирующей емкостью – суточный расход делят на период работы НС или водовода по заполнению РЧВ, например, в рассматриваемом примере – 24 часа:

$$K_n = \frac{Q_{сут.макс}}{24} \cdot \frac{1}{q^{tot}_T} = \frac{Q_{сут.макс}}{24} \cdot \frac{24}{Q_{сут.макс}} = 1.$$

Таким образом, величина отношения  $K_n$  может варьировать в диапазоне 1...24, минимальное значение соответствует равномерной работе, максимальное значение соответствует подаче воды в РЧВ в течении 1-го часа.

Проверим промежуточное значение равное 8 часам, тогда  $Q_{сут.макс}/8$  – отношение максимальной часовой подачи воды в регулируемую емкость при станциях водоподготовки, насосных станциях или в сеть водопровода с регулирующей емкостью – суточный расход делят на период работы НС или водовода по заполнению РЧВ, например в рассматриваемом примере – 8 часов:

$$K_n = \frac{Q_{сут.макс}}{8} \cdot \frac{1}{q^{tot}_T} = \frac{Q_{сут.макс}}{8} \cdot \frac{24}{Q_{сут.макс}} = 3.$$

$K_{ч}$  – коэффициент часовой неравномерности отбора воды из регулирующей емкости или сети водопровода с регулирующей емкостью, определяемый как отношение максимального часового отбора к среднему часовому расходу в сутки максимального водопотребления:

$$K_{ч} = \frac{Q_{hr.max}^{tot}}{q_{T}^{tot}} = K_{ч.max} \cdot \frac{Q_{сут.max}}{24} \cdot \frac{24}{Q_{сут.max}} = K_{ч.max}$$

Тогда определим при коэффициенте часовой неравномерности  $K_{ч}=3,5$  значения регулирующего объема для времени наполнения РЧВ 1 час, 24 часа и 8 часов соответственно:

$$W_{рег} = Q_{сут.max} \cdot \left[ 1 - 24 + (3,5 - 1) \cdot \left( \frac{24}{3,5} \right)^{3,5} \right] = 14,028 \cdot Q_{сут.max};$$

$$W_{рег} = Q_{сут.max} \cdot \left[ 1 - 1 + (3,5 - 1) \cdot \left( \frac{1}{3,5} \right)^{3,5} \right] = 0,432 \cdot Q_{сут.max};$$

$$W_{рег} = Q_{сут.max} \cdot \left[ 1 - 3 + (3,5 - 1) \cdot \left( \frac{3}{3,5} \right)^{3,5} \right] = 0,0147 \cdot Q_{сут.max}.$$

Значение регулирующего объема РЧВ при времени заполнения РЧВ равном 1 часу составляет  $14,028 \cdot Q_{сут.max}$ , что явно не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к РЧВ.

Для определения диапазона действия данного выражения выполним расчет при различных величинах коэффициентов часовой неравномерности и периодов заполнения РЧВ. Полученные результаты представим в таблице 5 - определения процентного соотношения регулирующего объема от суточной производительности в следующем виде: в

горизонтальную строку внесены данные коэффициентов часовой неравномерности в вертикальную период заполнения РЧВ, а также  $K_{ч}$ . Результаты расчета при которых величина регулирующего объема превышает максимальную часовую подачу воды не рассматриваются. Определим для значений коэффициента часовой неравномерности, полученных в таблице 4, которым нет соответствующих значений в таблице распределения коэффициентов часовой неравномерности (таблица 2).

**Таблица 5** – Результаты определения процентного соотношения регулирующего объема от  $Q_{сут.max}$  в зависимости от значения коэффициента максимальной часовой неравномерности  $K_{ч.max}$

**Table 5** – Results of determining the percentage of the control volume from  $Q_{day.max}$  depending on the value of the coefficient of maximum hourly unevenness  $K_{ch.max}$

Период заполнения РЧВ, ч	$K_{ч}$	Проценты от $Q_{сут.max}$ при $K_{ч}$ принадлежащих диапазону от 2,6...6,3										
		2,6	3	3,25	3,5	3,9	4,2	4,6	5	5,4	5,85	6,3
24	1	33,87	38,49	41,00	43,28	46,51	48,66	51,22	53,50	55,54	57,60	59,45
12	2	4,46	8,87	11,59	14,21	18,13	20,85	24,19	27,24	30,03	32,89	35,50
8	3	1,89	0,00	0,43	1,47	3,78	5,76	8,50	11,23	13,88	16,72	19,41
6	4	22,21	7,92	3,70	1,39	0,04	0,15	1,12	2,64	4,44	6,62	8,87
4,8	5	63,04	30,33	19,20	11,91	5,05	2,28	0,47	0,00	0,34	1,33	2,69
4	6	-	65,69	45,50	31,69	17,60	11,04	5,53	2,38	0,74	0,04	0,14
3,43	7	-	-	81,54	59,75	36,84	25,64	15,59	9,14	5,02	2,22	0,71
3	8	-	-	-	95,37	62,11	45,49	30,12	19,80	12,76	7,46	4,05
2,67	9	-	-	-	-	92,91	70,12	48,70	33,97	23,61	15,46	9,85
2,40	10	-	-	-	-	-	99,16	71,01	51,37	37,30	25,97	17,90
2,18	11	-	-	-	-	-	-	96,77	71,74	53,61	38,78	28,01
2	12	-	-	-	-	-	-	-	94,88	72,35	53,72	40,03
1,85	13	-	-	-	-	-	-	-	-	93,36	70,67	53,83
1,71	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89,48	69,29
1,60	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86,32

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Полученные значения процентов от  $Q_{сут. max}$  при  $K_{ч}$  в диапазоне от 2,6...6,3 при различном времени наполнения РЧВ (таблица 5). Определены периоды времени наполнения РЧВ, которые при различных коэффициентах часовой неравномерности из

диапазона 2,6...6,3 приводят к завышению объема РЧВ, что в свою очередь недопустимо.

Определены объемы регулирующих емкостей для коэффициентов часовой неравномерности в диапазоне 2,5...6,3, а также определены рекомендуемые диапазоны времени заполнения РЧВ, соответствующие каждому коэффициенту часовой неравномерности.

**Таблица 7.** Рекомендуемые диапазоны времени заполнения РЧВ  
**Table 7.** Recommended time ranges for filling clean water tanks

Рекомендуемый интервал времени заполнения РЧВ, ч в зависимости от коэффициента часовой неравномерности водопотребления										
2,6	3	3,25	3,5	3,9	4,2	4,6	5	5,4	5,85	6,3
24...4,8	24...4	24...3,43	24...3,03	24...2,67	24...2,4	24...2,18	24...2	24...1,85	24...1,71	24...1,6

## ВЫВОДЫ

1. При проектировании систем водоснабжения микрорайонов возникают задачи, при которых значение коэффициентов часовой неравномерности существенно отличаются от приведенных в нормативно-справочной литературе, что приводит к затруднению в последующих расчетах.

2. Определены значения коэффициентов часовой неравномерности, полученные при применении значений, приведенных в СП 31.13330.2012 [2] и, которые находятся в диапазоне 1,26...6,3.

3. В таблицах процентного распределения суточного водопотребления охвачены значения коэффициентов часовой неравномерности в диапазоне 1,2...2,5, что ограничено числом жителей 1500 человек.

4. Для значений коэффициента часовой неравномерности в диапазоне от 2,5...6,3 в действующем СП 31.13330.2012 [2] отсутствуют расчетные рекомендации, по определению регулирующей емкости РЧВ.

5. Определены процентные соотношения регулирующего объема от  $Q_{сут. max}$  в зависимости от значения коэффициента максимальной часовой неравномерности  $K_{ч. max}$  в диапазоне 2,5...6,3, а также определены рекомендуемые диапазоны времени заполнения РЧВ, соответствующие каждому коэффициенту часовой неравномерности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/М.: Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985 – 136 с.
2. СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*. [Текст] – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 124 с.
3. СП 30.13330.2020. Свод правил. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85.

[Текст] – Введ. 2021-06-01. – М.: Минрегион России, 2020. – 51 с.

4. Кедров В.С., Ловцов В.Н. Санитарно-техническое оборудование зданий: учебн. Для вузов. – М.: Стройиздат, 1989. – 495 с.

5. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982.

6. Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1984. – 216 с.

7. Николенко И.В., Котовская Е.Е. Методика и анализ подбора насосных агрегатов для насосных станций подкачки систем водоснабжения // Строительство и техногенная безопасность. – 2014. – № 51. – С. 112-121.

8. Черносвитов М.Д. Сравнение теоретических и фактических графиков водопотребления населения [Текст] / М.Д. Черносвитов, В.А. Зайко, Е.Д. Палагин, П.А. Горшкалев // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей. — Самара: СамГТУ. – 2020. – № 51. – С. 224-230.

## REFERENCES

1. SNiP 2.04.02-84. Water supply. Outdoor networks and structures/M.: Gosstroy of the USSR. - M.: Stroyizdat, 1985 - 136 p.
2. SP 31.13330.2012. A set of rules. Water supply. Outdoor networks and structures. Updated version of SNiP 2.04.02-84\*. [Text] - Introduction. 2013-01-01. - Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2012. - 124 p.
3. SP 30.13330.2020. A set of rules. Internal water supply and sewerage of buildings. Updated version of SNiP 2.04.01-85. [Text] - Introduction. 2021-06-01. - Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2020. - 51 p.
4. Kedrov V.S., Lovtsov V.N. Sanitary and technical equipment of buildings: textbook. For universities. – M.: Stroyizdat, 1989. – 495 p.
5. Abramov N.N. Water supply. – M.: Stroyizdat, 1982.

6. Abramov, N.N. Reliability of water supply systems / N.N. Abramov. – M.: Stroyizdat, 1984. – 216 p.

7. Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E. Methodology and analysis of the selection of pumping units for pumping stations pumping water supply systems // Construction and technogenic safety. – 2014. – № 51. – Pp. 112-121.

8. Chernosvitov, M. D. Comparison of theoretical and actual schedules of the water consumption of the population [Text] / M.D. Chernosvitov, V.A. Zaikov, E.D. Palagin, P.A. Gorshkalev // Traditions and innovations in construction and architecture. Construction technologies: collection of articles. - Samara: SamSTU. – 2020. – № 51. – Pp. 224-230.

## ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE REGULATING CAPACITY CLEAN WATER TANKS

Nikolenko I. V., Kotovskaya E.E.

Academy of Construction and Architecture «V. I. Vernadsky Crimean Federal University»

E-mail: <sup>1</sup> nikoshi@mail.ru, <sup>2</sup>levkot@gmail.com

**Summary.** The article is devoted to one of the urgent problems of designing water supply systems for new neighborhoods of the city, in which the developer, seeking to make a high profit, does not carry out the design and construction of clean water reservoirs that could provide uninterrupted water supply. The existing methods of determining the regulating capacity of RFV are considered. The values of the percentage ratio of the regulating capacity from the daily water consumption of the microdistricts under consideration and the different filling time of the RFV are determined.

**Subject of research:** Methods for determining the regulating capacity of clean water reservoirs in the design of water supply systems in new neighborhoods.

**Materials and methods:** The design of water supply systems for new microdistricts with a different number of residents causes problems in which the value of the coefficients of hourly unevenness differ significantly from those given in the normative reference literature, which leads to difficulties in subsequent calculations. The analysis of various methods for determining the regulating volume of RFV, depending on a wide range of coefficients of hourly unevenness of water consumption, is carried out. The analytical dependence of the ratio of the maximum hourly water supply to the regulating tank to the average hourly consumption per day of maximum water consumption is considered. This dependence is applied to the continuous operation of a pumping unit with different capacities during the estimated period of the highest water consumption or the operation of a pumping unit in the mode of long-term inclusions.

**Results:** The percentages of the regulating volume were determined depending on the maximum daily supply at the values of the coefficient of maximum hourly unevenness in the range of 2.5...6.3, for which there are no calculated recommendations for determining the regulating capacity of the RFV. The recommended ranges of RF filling time corresponding to the coefficients of hourly unevenness in this range have also been determined.

**Conclusions:** The results of the research allow us to determine the value of the regulating capacity of clean water reservoirs when designing water supply systems in new neighborhoods with the values of the coefficient of maximum hourly unevenness in the range of 2.5 ...6.3.

**Key words.** Clean water reservoirs, water supply and distribution system, apartment buildings, microdistricts, coefficient of maximum hourly unevenness, regulating volume, emergency volume, inviolable fire reserve.