

С. Ю. ТЕПЛЫХ  
Е. Е. КОТОВСКАЯ  
А. Е. КОТОВСКИЙ

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИНЯТОЙ НОРМЫ УДЕЛЬНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДКАЧИВАЮЩИХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE ADOPTED NORM OF SPECIFIC WATER CONSUMPTION ON THE EFFICIENCY OF OPERATION OF PUMPING STATIONS

Рассмотрена выборка фактического удельного водопотребления нескольких закрытых гидравлических контуров, накопленная за многолетний период наблюдений. При помощи стандартных статистических методов были определены виды функции плотности распределения и получены аналитические выражения по удельному водопотреблению соответствующих микрорайонов, с последующим нанесением на сводный график и количественной оценкой попадания в нормированный диапазон удельного водопотребления в соответствии с СП 31.13330.2021. Показано влияние фактического удельного водопотребления на показатели эксплуатации насосного оборудования подкачивающих водопроводных насосных станций.

**Ключевые слова:** водопроводные насосные станции, канализационные насосные станции, гидравлический контур, нормы водопотребления, стационарный процесс, дифференциальные функции плотности распределения, показатели эксплуатации насосного оборудования

**Введение.** Выбор норм водопотребления при проектировании систем водоснабжения и водоотведения (СП 31.13330.2021 «Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения») влияет на последующую эффективность эксплуатации насосного оборудования систем водоснабжения и водоотведения. На многих водопроводных насосных станциях большой процент периода времени эксплуатации насосное оборудование работает в левой зоне, что приводит к быстрому физическому износу [1–3].

**Актуальность.** На территории Республики Крым функционирует значительное количество насосных станций, построенных в 80-х гг. прошлого века, с фактической производительностью, которая в разы меньше проектной мощности. Например, районная канализационная насосная станция в г. Севастополе (КНС-5), отводящая стоки с территории, на которой проживает 40 000 жителей, рассчитана на среднесуточный

The paper considers a sample of the actual specific water consumption of several closed hydraulic circuits accumulated over a long-term observation period. Using standard statistical methods, the types of distribution density function were determined and analytical expressions were obtained for the specific water consumption of the corresponding neighborhoods, followed by drawing on a summary graph and quantifying falling into the normalized range of specific water consumption in accordance with SP 31.13330.2021. The influence of the actual specific water consumption on the performance of pumping equipment, pumping water pumping stations is shown

**Keywords:** water pumping stations, sewage pumping stations, hydraulic circuit, water consumption standards, stationary process, differential distribution density functions, performance indicators of pumping equipment

приток сточных вод, равный 25 000 м<sup>3</sup>/сут, при этом фактический приток составляет 2 000 м<sup>3</sup>/сут. Аналогичная ситуация складывается с канализационными насосными станциями во многих городах Республики Крым. В то же время в г. Краснодаре сложилась совершенно противоположная ситуация, так как существующие канализационные насосные станции работают в нерасчетных режимах и параметрах принятого оборудования (станции не справляются с поступающим притоком сточных вод). Такое положение обусловлено тем, что в последнее десятилетие город является привлекательным для внутренней миграции населения России, вследствие чего городская территория максимально плотно застраивается и к существующим системам водоснабжения и водоотведения присоединяется все большее количество абонентов, что вызывает затруднения при их эксплуатации.

Первоначальный резерв мощности в ряде насосных станций, по-видимому, был обусловлен нормами водопотребления соответствовавших временному периоду проектных и проектных работ по застройке микрорайонов, большинство из которых на территории городов Республики Крым осуществлялось в период конца 60 – середины 80-х гг. прошлого века. Нормы водопотребления подвергаются корректировке при каждой редакции нормативной документации (СП). В табл. 1 представлена динамика изменения удельных норм водопотребления на территории РФ.

**Постановка задачи.** В данной работе конечной целью являлось определение эффективности эксплуатации насосного оборудования подкачивающих водопроводных насосных станций (ВНС), и для достижения поставленной цели параллельно решался ряд задач, направленных на определение и оценку удельного водопотребления [4] в закрытых гидравлических контурах, под которыми понимается работа насосного оборудования на гидравлическую сеть с известными параметрами: количество потребителей, режимы водопотребления и т. д., и в которой нет других источников питания, а также перетоков в другие контуры.

**Теоретическая часть.** Для различных гидравлических контуров, расположенных в разных городах Республики Крым, проводили серию измерений параметров работы насосов ВНС (значение подачи, развиваемого напора, потребляемой мощности); собирали сведения по водопроводным сетям, в которые поступала вода от соответствующих ВНС (протяженность, материал исполнения, глубина

заложения, диаметры участков, геодезические отметки) с занесением в соответствующие цифровые гидравлические модели (в программном комплексе «Zulu» [5]); собирали сведения по аварийным ситуациям, возникающим на соответствующих участках (дата и время момента фиксации аварии и принятия заявки на устранение, время ремонтных работ, характер и размер повреждения), охватываемых соответствующими насосными станциями; количество многоквартирных жилых домов, количество квартир, количество проживающего населения, степень благоустройства рассматриваемых микрорайонов. Тем самым была сформирована значительная база, охватывающая многолетний период накопления информации параметров эксплуатации систем, объединяющая: ВНС – гидравлическая сеть – потребитель [6, 7]. Накопленная база пригодна для решения огромного количества коммутационных задач, направленных на улучшение работы системы водоснабжения рассматриваемых микрорайонов [8], а также выработки общих подходов при оценке сложившихся режимов эксплуатации. Так, при капитальных ремонтах насосных станций, ассигнование которых осуществляется за счет государственного бюджета, оборудование подбирают аналогичное работавшему ранее, и в лучшем случае проводят замеры показателей эксплуатации в течение одного дня, что для подкачивающих насосных станций не отображает фактической картины, так как водопотребление меняется в течение сезона года, дней недели и часов суток [9, 10]. Для представления механизма определения фактического диапазона эксплуатации проведем оценку показателей работы ряда насосных станций.

Таблица 1. Динамика изменения удельной нормы водопотребления  
Table 1. Dynamics of water consumption specific rate change

Степень благоустройства районов жилой застройки	Ед. изм.	Расчетное хозяйственно-питьевое водопотребление в поселениях и в городских округах на одного жителя среднесуточное (за год), л/сут		
		СНиП 2.04.02-84* (табл. 1)	СП 31.13330.2012 (табл. 1)	СП 31.13330.2021 (табл. 1)
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	Один житель	125–160	–	–
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией с ваннами и местными водонагревателями	Один житель	160–230	140–190	140–180
То же, с централизованным горячим водоснабжением	Один житель	230–350	195–220	165–180

## Результаты исследований

Рассмотрим группу насосных станций, работающих на соответствующие закрытые гидравлические контуры водопроводной сети с определением ряда показателей. Насосные станции расположены в разных городах Республики Крым (рис. 1). С целью получения обобщенной характеристики по каждой ВНС был проведен ряд наблюдений за многолетний период, который на некоторых ВНС достигал 4–5 лет. Полученные данные были обобщены, классифицированы и унифицированы (табл. 2). В таблицу внесены результаты по статистической обработке суточного водопотребления рассматриваемых микрорайонов в пересчете на одного жителя с получением математического ожидания, удельного водопотребления, дисперсии и среднеквадратического отклонения с определением коэффициента вариации, а также вида дифференциальной функции плотности распределения и аналитического выражения самой функции [11].

Сведения по количеству обслуживаемых многоквартирных домов и количеству жильцов

также представлены в табл. 2. Далее приведены краткие характеристики рассматриваемых гидравлических контуров.

**Микрорайон «Марат-5»**, г. Керчь, ограничен улицами: Индустриальное шоссе, Ворошилова, Блюхера, всего 21 многоэтажный жилой дом этажностью 5 и 10 этажей. Квартал расположен на геодезических отметках 50,000 – 28,000; ЦТП – на отметке 31,000 (ЦТП – центральный тепловой пункт, в котором установлена подкачивающая водопроводная насосная станция). При этом водопровод от магистрали заведен в ЦТП, а далее после ВНС в распределительную сеть микрорайона. План микрорайона «Марат-5» представлен на рис. 1, а. Подающий насос марки К 100-65-250 – один рабочий [12].

**Микрорайон «Марат-4»**, г. Керчь, ограничен улицами: Индустриальное шоссе, Ворошилова, Блюхера, Буденного, всего 22 многоэтажных жилых дома этажностью 5, 9, 10 этажей. Квартал расположен на геодезических отметках 29,000 – 17,000; ЦТП – на отметке 23,000. При этом водопровод от магистрали заведен в ЦТП, а далее после ВНС в распределительную сеть микрорайона исключительно для обеспечения

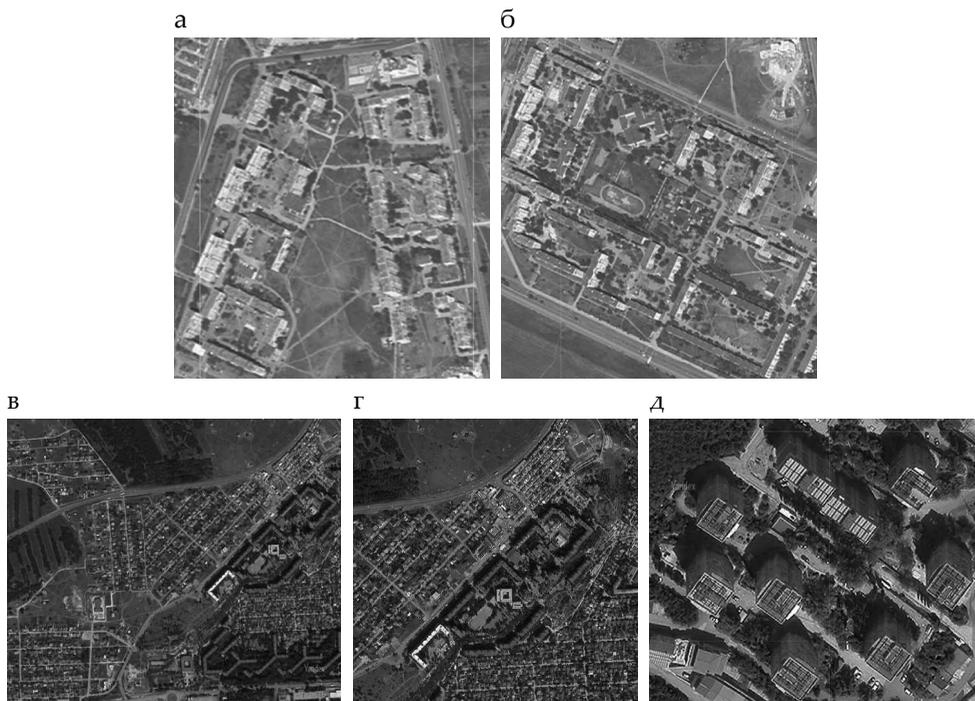


Рис. 1. План микрорайона:

а – мкр. «Марат – 5», г. Керчь; б – мкр. «Марат – 4», г. Керчь; в – мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов», г. Симферополь; г – мкр. «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка», г. Симферополь; д – группа из 8 МКД по ул. Октябрьской, г. Алушта

Fig. 1. Microdistrict plan:

а – microdistrict “Marat • 5, ” Kerch; б – microdistrict “Marat • 4, ” the city of Kerch; в – microdistrict “Marshal Zhukov – a village of deported peoples, ” Simferopol; д – microdistrict “Marshal Zhukov – multi-storey residential buildings, ” Simferopol; е – a group of 8 MKDs on the street. October city of Alushta

водой многоэтажных зданий (9–10 этажей). Подключение пятиэтажных зданий осуществляется от магистральной распределительной сети отдельной системой водоснабжения. План микрорайона «Марат-4» представлен на рис. 1, б [12].

**Микрорайон «Маршала Жукова – поселок депортированных народов»**, г. Симферополь, состоит из 15 улиц, на которых находится 441 дом усадебного типа с коэффициентом семейственности 7. Населенный пункт расположен на отметках 281,550 – 318,780 [12]. Магистральный водовод от городских ВОС питает РЧВ объемом 10 000 м<sup>3</sup>, откуда вода забирается при помощи насоса, установленного в здании насосной станции на отметке 314,110. Далее по одному напорному стальному водоводу  $\varnothing 150$  поступает в водопроводную сеть Поселка депортированных народов, состоящую из 14 водопроводных колец (план микрорайона «Маршала Жукова – поселок депортированных народов» представлен на рис. 1, в). Насос: один рабочий с возможностью переключения для совместной работы с насосами, работающими на многоэтажную жилую застройку: КМ 80-50-200 (рабочий), диаметр рабочего колеса 254 мм, частота вращения  $n = 2900$  об/мин,  $N_{\text{двигателя}} = 15$  кВт, КПД составляет 70 %.

**Микрорайон «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка»**, г. Симферополь, расположен на геодезических отметках местности 304,480 – 325,770 [12]. На территории рассматриваемого микрорайона размещено 19 многоквартирных жилых домов этажностью 9, 14 этажей; здание школы на 1000 учащихся; детский сад на 250 мест [12]. План микрорайона «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка» представлен на рис. 1, г. Насос: один рабочий, один противопожарный и два резервных марок: Wilo-CronoNorm – NL80/250-45-2-05 (рабочий); Wilo NL80/250-45-2-05 (резервный); Wilo BL 65/250 (резервный); K90-85 (аналог K100-65-250), диаметр рабочего колеса 254 мм, частота вращения  $n = 2900$  об/мин,  $N_{\text{двигателя}} = 45$  кВт, КПД составляет 67 %.

**Группа из 8 многоэтажных жилых домов по ул. Октябрьской, 63**, г. Алушта, предназначена для повышения давления в сетях жилых домов по ул. Октябрьской, 49–53. Вода в ПНС (109, 300) поступает из РЧВ (140,500). Наивысшая точка подъема 155,000. План микрорайона представлен на рис. 1, д. Насос К20/30 – 2 шт., из которых один рабочий, один резервный.

Жилые дома рассматриваемых микрорайонов оборудованы местными газовыми водонагревателями.

После получения аналитических выражений дифференциальных функций плотности распределения удельного водопотребления

был составлен сводный график, на который нанесены кривые, соответствующие пяти рассматриваемым микрорайонам, математическое ожидание удельного водопотребления соответствующих кривых, а также кривая плотности распределения удельного водопотребления, рекомендованного СП 31.13330.2021.

Заштрихованная область под кривой показывает период времени удельного водопотребления в границах, рекомендованных СП 31.13330.2021. Количественно оценить период времени попадания удельного водопотребления рассматриваемых микрорайонов в диапазон, соответствующий СП 31.13330.2021, возможно при помощи функции Лапласа [11].

$$P(q_{y0} \min \text{гр. раб. дуан СП} < q_{y0} < q_{y0} \text{гр. раб. дуан}) = \\ = \Phi\left(\frac{q_{y0 \max} - M(q_{y0})}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{q_{y0 \min} - M(q_{y0})}{\sigma}\right),$$

где  $M(q_{y0})$  – математическое ожидание удельного водопотребления;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение удельного водопотребления.

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du - \text{функция Лапласа.}$$

Результаты по определению вероятности попадания в тот или иной диапазон сведены в табл. 3, анализ результатов которой показал, что максимальное попадание значений удельного водопотребления соответствует мкр. «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка», г. Симферополь, а также группе из 8 многоэтажных жилых домов, г. Алушта.

Удельное водопотребление микрорайонов «Марат-4» и «Марат-5» в Керчи охватывает 27 и 24 % от рекомендованного удельного водопотребления (СП 31.13330.2021), что обусловлено в целом уменьшенным количеством подаваемой воды в Керчи (отсутствие вод Северо-Крымского канала). В мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов» в Симферополе отсутствует централизованная канализация, домовладения оборудованы септиками, объем которых ограничен (скальный грунт) с периодической откачкой, что накладывает, в свою очередь, ограничения на динамику водопотребления населением.

Следующим этапом оценки являлся переход к определению эксплуатационных параметров насосного оборудования, работающего на соответствующий гидравлический контур. Энергетические характеристики насосов представлены на рис. 3.

Таблица 2. Характеристики удельного водопотребления микрорайонов охватываемых работой подкачивающих ВНС  
 Table 2. Characteristics of specific water consumption of microdistricts covered by the work of pumping VNS

№ п/п	Наименование микрорайона (период сбора информации)	Количество многоквартирных жилых домов	Количество жителей в рассматриваемом микрорайоне	$q_{уд}^{max}$ м³/сут на человека	$q_{уд}^{min}$ м³/сут на человека	Математическое ожидание удельного водопотребления за время измерения, м³/сут на человека	Дисперсия удельного водопотребления	Среднеквадратическое отклонение удельного водопотребления	Коэффициент вариации	Наименование функции плотности распределения – выражение функции плотности распределения
1	Мкр. «Марат – 5», г. Керчь	21 МКД	4466	0,172	0,033	0,09	0,00673	0,082	0,91	Вейбулла Гнеденко $f(q_{уд}) = \frac{1,08}{0,09} \left( \frac{q_{уд}}{0,09} \right)^{1,08} \cdot e^{-\left( \frac{q_{уд}}{0,09} \right)^{1,08}}$
2	Мкр. «Марат – 4», г. Керчь	7 МКД	1800	0,141	0,046	0,084	0,0072	0,085	1	Вейбулла Гнеденко $f(q_{уд}) = \frac{0,98}{0,082} \left( \frac{q_{уд}}{0,082} \right)^{1,08} \cdot e^{-\left( \frac{q_{уд}}{0,082} \right)^{1,08}}$
3	Мкр. Маршала Жукова – поселок депортированных народов, г. Симферополь	571 частное домовладение усадебного типа	3997	0,213	0,025	0,098	0,012	0,107	0,91	Вейбулла Гнеденко $f(q_{уд}) = \frac{1,08}{0,119} \cdot q_{уд}^{-\frac{1,08}{0,119}} \cdot e^{-\frac{q_{уд}^{1,08}}{0,119}}$
4	Мкр. Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка, г. Симферополь	21 МКД	8460	0,271	0,064	0,145	0,0005	0,0223	0,153	Нормальное распределение $f(q_{уд}) = \frac{1}{0,0223 \cdot \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{(q_{уд}-0,145)^2}{2 \cdot 0,000511}} = 17,89 \cdot e^{-1000(q_{уд}-0,145)^2}$
5	Мкр. из 8 МКД. по ул. Октябрьской, г. Алушта (февраль 2015)	8 МКД (328 квартир)	984	0,155	0,100	0,130	0,0001	0,010	0,075	Нормальное распределение $f(q_{уд}) = \frac{1}{0,01 \cdot \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{(q_{уд}-0,130)^2}{2 \cdot 0,0001}} = 39,89 \cdot e^{-5000(q_{уд}-0,130)^2}$

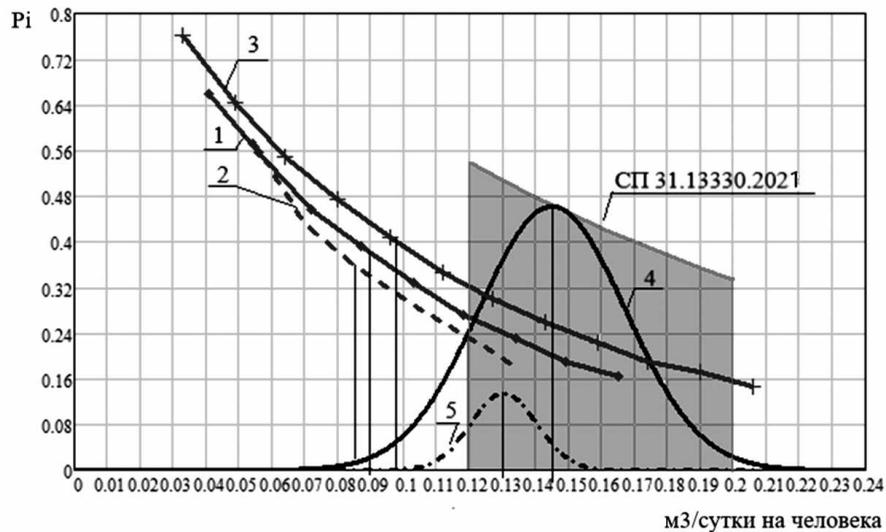


Рис. 2. Графики дифференциальных функций плотности распределения диапазон удельного водопотребления, рекомендованный СП 31.13330.2021:  
 1 – мкр. «Марат – 5», г. Керчь; 2 – мкр. «Марат – 4», г. Керчь; 3 – мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов», г. Симферополь; 4 – мкр. «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка», г. Симферополь; 5 – группа из 8 МКД по ул. Октябрьской, г. Алушта

Fig. 2. Graphs of differential distribution density functions within the specific water consumption range recommended by SP 31.13330.2021:  
 1 – the Marat-5 microdistrict in Kerch; 2 – microdistrict “Marat • 4” Kerch; 3 – microdistrict “Marshal Zhukov – a village of deported peoples” Simferopol; 4 – microdistrict “Marshal Zhukov – multi-storey residential building” Simferopol; 5 – a group of 8 MKDs on the street. October city of Alushta

Таблица 3. Значение процента удельных норм водопотребления, соответствующих нормативным требованиям СП 31.13330.2021  
 Table 3. The value of the percentage of specific water consumption rates that meet the regulatory requirements of SP 31.13330.2021

Порядковый номер рассматриваемого микрорайона	1	2	3	4	5
Процент значений, попадающих в зону рекомендованных СП 31.13330.2021, %	27	24	25	86,2	84,3

В табл. 4 представлены результаты обработки статистических данных часовых подач насосов с определением стандартных показателей. Оценку расчетов в настоящей работе представили только для двух насосных станций: мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов» в Симферополе; группа из 8 многоэтажных жилых домов в Алуште.

Для практического применения полученных результатов нанесем на график энергетических характеристик насоса гидравлическую характеристику трубопровода с диапазоном рабочего охвата и совместим с графиком дифференциальной функции плотности распределения, которая позволит оценить период времени эксплуатации на том или ином режиме с оценкой рекомендуемых диапазонов эксплуатации заводом-изготовителем [10, 12].

Количественную оценку определения периода эксплуатации в том или ином диапазоне выполним при помощи функции Лапласа [11], результаты сведены в табл. 5.

Таким образом, для насоса марки КМ 80-50-200 вероятность работы в зоне рабочего диапазона составляет 38,2 %; в зоне усиленной кавитации – 34,83 %; в зоне, вызывающей перегрев, – 6,14 %; в зоне циркуляции «на всосе» – 19,32 %. В то же время для насоса К 20/30 период работы в рабочей зоне составляет 98,66 %.

**Практическая значимость.** Проанализировав полученные результаты, можно заключить следующее: в том случае, где фактическое удельное водопотребление приближено к диапазону, рекомендованному СП 31.13330.2021, эксплуатационные показатели работы насосно-оборудования соответствуют рекомендован-

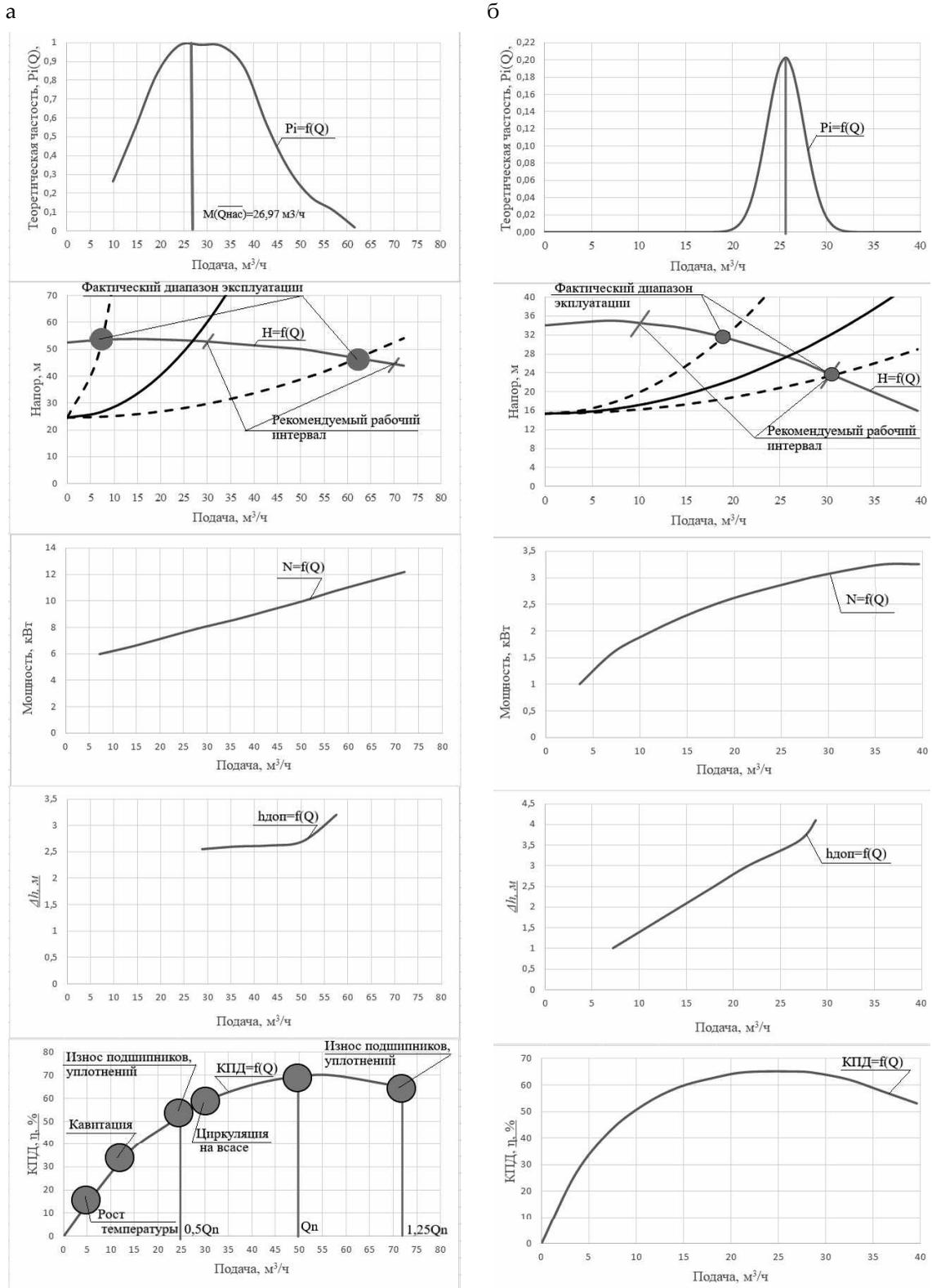


Рис. 3. Совместный график эксплуатационных характеристик насоса и дифференциальной функции плотности распределения: а – насос КМ 80-50-200; б – насос К 20/30  
 Fig. 3. Joint graph of pump performance and differential distribution density function: а – pump КМ 80-50-200; б – pump К 20/30

Таблица 4. Эксплуатационные характеристики работы насосного оборудования  
Table 4. Operating characteristics of pump equipment operation

Марка насоса (период сбора информации)	$Q_{\min}$ , м <sup>3</sup> /ч	$Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /ч	Математическое ожидание подачи насоса, м <sup>3</sup> /ч	Дисперсия подачи насоса, (м <sup>3</sup> /ч)	Среднеквадратическое отклонение подачи насоса, м <sup>3</sup> /ч	Коэффициент вариации	Наименование функции плотности распределения – выражение функции плотности распределения
КМ 80-50-200 (2016-2020)	4,21	35,54	26,97	101,56	10,08	0,37	Распределение по закону Вейбулла-Гнеденко $f(Q) = \frac{3,24}{33,15} \cdot \left(\frac{Q}{33,15}\right)^{\frac{Q-3,24}{33,15}}$
К20/30 (Февраль 2015)	19,8	30,6	25,63	3,87	1,97	0,077	По нормальному закону распределения $f(Q) = \frac{1}{1,967 \cdot \sqrt{\pi}} \cdot e^{-\frac{(Q-25,634)^2}{2 \cdot 3,870}} = 0,203 \cdot e^{-0,129(Q-25,634)^2}$

Таблица 5. Количественное определение вероятности работы насоса  
в различных зонах эксплуатации  
Table 5. Quantification of the probability of pump operation in different operating areas

Наименование микрорайона	Марка насоса	Диапазон работы насоса в зоне, вызывающей перегрев	Диапазон работы насоса в зоне усиленной кавитации	Диапазон вероятности работы насоса в зоне циркуляции «на всесе»	Диапазон вероятности работы насоса в зоне рабочего диапазона
Мкр. Маршала Жукова – поселок депортированных народов, г. Симферополь	КМ 80-50-200	4,21 < Q < 12,5	12,5 < Q < 25	25 < Q < 30	30 < Q < 70
		6,14	34,83	19,32	38,2
Мкр. из 8 МКД по ул. Октябрьской, г. Алушта	Насос марки К20/30	5 < Q < 6,25	6,25 < Q < 10	10 < Q < 12,5	10 < Q < 30
		0	0	0	98,66

ным диапазонам эксплуатации, а в тех случаях, где удельное водопотребление отстает от рекомендованного диапазона, наблюдается эксплуатация на режимах, способствующих быстрому физическому износу оборудования [1, 2]. Для подтверждения данного заключения следует провести обработку большего количества насосных станций, с выработкой единого алгоритма обследования перед заменой оборудования, направленного на исключение практики замены

по принципу «предшественник» на «аналог» с полным совпадением параметров, а руководствоваться фактическими показателями удельного водопотребления и параметрами эксплуатации, присущими ремонтируемым объектам, а также с учетом пункта 7.9 СП 31.13330.2021.

**Выводы.** 1. Представлены данные первичной статистической обработки параметров удельного водопотребления для пяти микрорайонов, расположенных в разных городах Республики

Крым, четыре из которых обладают одинаковой степенью благоустройства – водопровод, канализация, местные газовые водонагреватели.

2. Определено, что для трех микрорайонов (мкр. «Марат-5», г. Керчь, мкр. «Марат-4», г. Керчь, мкр. «Маршала Жукова – поселок депортированных народов», г. Симферополь) вероятность удельного водопотребления подчинена закону распределения Вейбулла-Гнеденко, а для двух других (мкр. «Маршала Жукова – многоэтажная жилая застройка», г. Симферополь и группа домов по ул. Октябрьской, г. Алушта) – закону нормального распределения.

3. Рассчитаны количественные показатели принадлежности значений удельного водопотребления диапазону, указанному нормативными данными СП 31.13330.2021.

4. Выявлено, что для микрорайона с высоким удельным водопотреблением диапазон эксплуатации насосного оборудования находится в рабочем интервале, а для микрорайона со значением ниже рекомендуемого удельного водопотребления находится больший период эксплуатации за пределами рекомендуемого рабочего диапазона, что способствует быстрому износу оборудования.

5. Представлен алгоритм анализа фактических параметров эксплуатации насосных агрегатов, в связке с оценкой фактического удельного водопотребления от принятых проектных норм, показывающий значимость корректного выбора нормативных показателей на стадии проектных расчетов, которые впоследствии оказывают значительное влияние на эксплуатационные показатели.

6. Рекомендовано при капитальных ремонтах насосных станций подбирать оборудование не по принципу «предшественник» на «аналог» с полным совпадением параметров, а руководствоваться фактическими показателями водопотребления и фактическими параметрами часового водопотребления.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березин С.Е. Насосные станции с погружными насосами. Расчет и конструирование. М.: Стройиздат, 2008. 160 с.
2. Березин С.Е., Баженов В.И. Воздуховодные станции с регулируемыми центробежными компрессорами. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. 188 с.
3. Сайридин С.Ш., Селезнев В.А., Селезнева А.В. Анализ проблемы водоснабжения и водоотведения в Поволжье и обоснование ее решения программными методами // Градостроительство и архитектура. 2015. № 4(21). С. 68–77. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.9
4. Чутин В.Р. Управление развитием систем водоснабжения и водоотведения в условиях вариативности численности населения и перспективного

водопотребления // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 12(756). С. 41–57. DOI 10.32683/0536-1052-2021-756-12-41-57.

5. Компания «Политерм» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.politerm.com> (дата обращения: 15.01.2024).

6. Стрелков А.К., Зотов Ю.Н., Михайлова И.Ю. Особенности гидравлического расчета систем хозяйственно-питьевого водоснабжения многоквартирных домов // Градостроительство и архитектура. 2021. Т.11, № 2. С. 37–41. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.06.

7. Саид М.А., Серпокрылов Н.С., Нелидин В.В. Влияние типа загрузки на окислительную способность модифицированного погружного вращающегося биофильтра // Градостроительство и архитектура. 2020. Т.10, № 4. С. 60–68. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.8.

8. Лезнов Б.С., Чебанов В.Б. Технологические основы энергосбережения в насосных установках // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №7. С. 13–18.

9. Шмиголь В.В., Черноусов М.Д. О минимальных расчетных расходах в системах водоснабжения // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей / СГА-СУ. Самара, 2016. С. 220–224.

10. Николенко И.В., Котовская Е.Е., Котовский А.Е. Определение фактических параметров эксплуатации силовых агрегатов подкачивающих насосных станций // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 6(762). С. 56–69. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-762-6-56-69.

11. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. 6-е изд., доп. М.: Высш. школа, 2002. 405 с.

12. Николенко И.В., Росовская О.В. Анализ режимов работы насосных агрегатов при возникновении аварийных ситуаций в системах подачи и распределения воды // Яковлевские чтения-2022: Системы водоснабжения и водоотведения. Современные проблемы и решения. М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. С. 133–143.

## REFERENCES

1. Berezin S.E. *Nasosnyye stantsii s pogruzhnymi nasosami. Raschet i konstruirovaniye* [Pump stations with submersible pumps. Calculation and design]. Moscow, Stroyizdat, 2008. 160 p.
2. Berezin S.E., Bazhenov V.I. *Vozdukhoduvnyye stantsii s reguliruemymi tsentrobezhnymi kompressorami* [Air blowing stations with adjustable centrifugal compressors]. Simferopol, IT "ARIAL", 2019. 188 p.
3. Sayriddinov S.Sh., Seleznev V.A., Selezneva A.V. On the issue of water supply and sewage in the volga region and software methods for its solution. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 2015, no. 4(21), pp. 68–77. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2015.04.9

4. Chupin V.R. Management of the development of water supply and sewerage systems in conditions of population variability and prospective water consumption. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction], 2021, no. 12(756), pp. 41–57. (in Russian) DOI 10.32683/0536-1052-2021-756-12-41-57
5. *Politerm Company*. Available at: <https://www.politerm.com> (accessed 15 January 2024).
6. Strelkov A.K., Zotov Yu.N., Mikhailova I.Yu. Features of the Hydraulic Calculation of Household Drinking Water Supply Systems of Apartment Buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 37–41. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.06
7. Saied M.A., Srepokrylov N.S., Nelidin V.V. Influence of the biomass carrier type on the oxygen transfer rate of the modified submersible rotating biofilter. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 4, pp. 60–68. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.04.8
8. Leznov B.S., Chebanov V.B. Technological fundamentals of energy saving in pumping units. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary equipment], 2004, no. 7, pp. 13–18. (in Russian)
9. Shmigol V.V., Chernosvitov M.D. On minimum design costs in water supply systems. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'nye tekhnologii: sbornik statey* [Traditions and innovations in construction and architecture. Building technology: a collection of articles]. Samara, SGASU, 2016, pp. 220–224. (In Russian).
10. Nikolenko I.V., Kotovskaya E.E., Kotovsky A.E. Determination of actual operating parameters of power units of booster pumping stations. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction], 2022, no. 6(762), pp. 56–69. (in Russian) DOI: 10.32683/0536-1052-2022-762-6-56-69
11. Gmurman V.E. *Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike. 6-e izd., dop.* [A guide to solving problems in probability theory and mathematical statistics. 6th ed., ext.]. Moscow, High school, 2002. 405 p.
12. Nikolenko I.V., Rosovskaya O.V. Analysis of operating modes of pumping units in case of emergency situations in water supply and distribution systems. *Yakovlevskie chteniya-2022: Sistemy vodosnabzheniya i vodootvedeniya. Sovremennyye problemy i resheniya* [Yakovlevsky readings-2022: Water supply and sewerage systems. Today's Challenges and Solutions]. Moscow, National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2022. pp. 133–143. (In Russian).

Об авторах:

**ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна**

доктор технических наук, доцент,  
доцент кафедры водоснабжения и водоотведения  
Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: lana2802@mail.ru

**TEPLYH Svetlana Yu.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor  
the Water Supply and Wastewater Chair  
Samara State Technical University  
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244  
E-mail: lana2802@mail.ru

**КОТОВСКАЯ Елена Евгеньевна**

старший преподаватель кафедры инженерных систем  
в строительстве  
Крымский федеральный университет  
им. В.И. Вернадского  
295050, Россия, г. Симферополь, ул. Киевская, 181  
E-mail: elevkot@gmail.com

**KOTOVSKAYA Elena Ev.**

Senior Lecturer of the Engineering Systems in  
Construction Chair  
Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky  
295007, Russia, Simferopol, Akademika Vernadsky av., 4  
E-mail: elevkot@gmail.com

**КОТОВСКИЙ Алексей Евгеньевич**

главный инженер  
ООО инженерный центр «КРЫМТЕХКОМ»  
295053, Россия, г. Симферополь, ул. Киевская, 3  
E-mail: kotovskiialex@yandex.ru

**KOTOVSKY Alexey Ev.**

Chief Engineer  
LLC engineering center "KRYMTEKHCOM"  
295053, Russia, Simferopol, Kievskaya str., 3  
E-mail: kotovskiialex@yandex.ru

Для цитирования: Теплых С.Ю., Котовская Е.Е., Котовский А.Е. Оценка влияния принятой нормы удельного водопотребления на эффективность эксплуатации подкачивающих насосных станций // Градостроительство и архитектура. 2024. Т. 14, № 2. С. 28–37. DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.05.

For citation: Teplykh S.Yu., Kotovskaya E.E., Kotovsky A.E. Assessment of the impact of the adopted norm of specific water consumption on the efficiency of operation of pumping stations. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 28–37. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.05.