

В. И. Щербаков, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: scher@vgasu.vrn.ru)

А. А. Акульшин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

Н.В. Бредихина, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

РАСЧЁТ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ СКВАЖИН С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ КАПИТАЛЬНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОДОЗАБОРОВ

Сооружения для забора воды являются неотъемлемым элементом строительной индустрии. От выбора схемы водозабора, его эксплуатационных характеристик, зависят капитальные затраты на сооружение водозабора, а также создание лучших условий для эксплуатации оборудования и сетей. Стоимость этих сооружений весьма высока. Поэтому при их проектировании необходимо выбрать оптимальные расчетную схему и режимы работы в течение расчетного срока эксплуатации.

Эксплуатационный опыт показал, что для обеспечения наиболее оптимальных условий забора воды из подземного источника скважины желательно располагать в одну линию. В расчетах влияние скважин друг на друга учитывают как при групповой работе, если расстояние между ними менее двух радиусов влияния. Такое расположение скважин позволяет уменьшить территорию и капитальные затраты на строительство водозабора, а также создать лучшие условия для эксплуатации оборудования и сетей.

Расчет группы взаимодействующих скважин заключается в нахождении числа трубчатых колодцев, расстояния между ними, дебита и уровней (статического и динамического). При определении режимов работы сборного водовода необходимо учитывать совместную работу резервуаров чистой воды и трубчатых колодцев. Диаметр сборного водовода необходимо увеличивать, при увеличении числа присоединяемых скважин, а следовательно, увеличении расхода.

Линейная схема присоединения скважин на водозаборе из подземного источника водоснабжения является наиболее распространённой в практике строительства и эксплуатации водозаборов подземных вод, когда в качестве водоприёмных устройств применяются скважины и требуется улучшение качества извлекаемой из водоносного пласта воды перед подачей её потребителю.

На водозаборах, содержащих большое количество скважин, расположенных вдоль реки на определенном расстоянии от неё, в расчётах используют формулу, допускающую замену реального ряда скважин галереей расходом на 1 м длины.

Ключевые слова: водозаборная скважина, трубчатый колодец, схема, дебит, динамический уровень, статический уровень.

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-2-44-51

Ссылка для цитирования: Щербаков В. И., Акульшин А. А., Бредихина Н.В. Расчёт взаимодействующих скважин с целью оптимизации капитальных и эксплуатационных затрат при строительстве водозаборов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 22, № 2(77). С.44-51.

Для населенных пунктов, потребляющих большой суточный расход хозяйственно-питьевой воды, используются водозаборы, состоящие из нескольких трубчатых колодцев.

Эксплуатационный опыт показал, что для обеспечения наиболее оптимальных условий забора воды из подземного источника скважины желательно располагать в одну линию [1,2,6,10,16]. В рас-

четах влияние скважин друг на друга учитывают, если расстояние между скважинами менее $2R$, т.е. они работают как групповые. Такое расположение скважин позволяет уменьшить территорию и капитальные затраты на строительство водозабора, а также создать лучшие условия для эксплуатации оборудования и сетей. Однако за счет влияния друг на друга снижается дебит скважин.

Расчет группы взаимодействующих скважин заключается в нахождении числа трубчатых колодцев, расстояния между ними, дебита и уровней (статического и динамического).

Расчет производят в следующем порядке [3, 7, 12]:

а) определяют дебит для одной скважины Q_c ;

б) находят радиус влияния скважины R (расстояние от центра скважины до точки восстановления статического уровня) по формуле

$$R = 1.5\sqrt{at}, \quad (1)$$

где a – коэффициент пьезопроводности, $m^2/сут.$

Принимается:

- для напорных пластов

$$a = k_{\phi} \frac{M}{\mu}; \quad (2)$$

- для безнапорных пластов

$$a = k_{\phi} \frac{h_{cp}}{\mu}; \quad (3)$$

h – средняя мощность водоносного слоя в период откачки, м, $h_{cp} = 0,8H$;

μ – коэффициент водоотдачи;

t – нормативное время эксплуатации скважины, лет; принимают 25 лет = 9125 сут.;

в) дебит взаимодействующей скважины рассчитывают по формуле

$$Q_{B3} = \alpha_{B3} \cdot Q_c, \quad (4)$$

где α_{B3} – коэффициент взаимодействия, для практических расчетов принимают по таблице 1;

г) расстояниями между скважинами принимают по таблице 2;

д) определяют число рабочих скважин n по формуле

$$n = \frac{Q}{Q_{B3}}, \quad (5)$$

где Q – необходимый расход водозабора, $m^3/сут.$

Число резервных скважин определяют согласно таблице 3.

Таблица 1

Значение коэффициента взаимодействия

Расстояние между скважинами l , м	$2R$	R	$0,5R$	$0,2R$	$0,02R$	$0,002R$
α	1	0,97	0,9	0,81	0,64	0,53

Таблица 2

Расстояния между водозаборными скважинами

Водоносная порода	Производительность скважины, м /ч		
	До 20	20-100	100-500
Песок мелкий	50	50-70	70-100
Песок среднезернистый	70-100	100-150	120-150
Песок крупнозернистый	100-120	120-150	150-200
Гравийные и трещиноватые породы	120-150	150-200	200-250

Таблица 3

Количество резервных скважин

Количество рабочих скважин	Количество резервных скважин на водозаборе категории		
	I	II	III
От 1 до 4	1	1	1
От 5 до 12	2	1	-
13 и более	20%	10%	-

е) фактический дебит ($\text{м}^3/\text{сут}$) взаимодействующей скважины определяется исходя из принятого числа рабочих скважин и требуемого расхода;

$$Q_{\text{вз.ф}} = \frac{Q}{n}; \quad (6)$$

ж) понижение уровня (м)

– снижение уровня в каждой скважине:

$$S = \frac{0.37 Q_c}{k_{\text{ф}} M} \lg \frac{R}{r}; \quad (7)$$

– общее (максимальное) снижение уровня:

$$S = \frac{0.37}{k_{\text{ф}} M} \left(Q_{c1} \lg \frac{R}{r_0} + Q_{c2} \lg \frac{R}{r_{2-1}} + Q_{c3} \lg \frac{R}{r_{3-1}} + \dots + Q_{ci} \lg \frac{R}{r_{i-1}} \right), \quad (8)$$

где r_0 – радиус скважины, в которой определяется понижение, м;

$r_{2-1}, r_{3-1} \dots r_{i-1}$ – расстояние от скважины № 1 до последующих скважин, м.

При этом считаем, что мощность водоносного пласта и коэффициент фильтрации одинаковы на всем водозаборе, производительность насосного оборудования, установленного во всех трубчатых колодцах, равна, т.е. дебиты скважин равны;

з) затем производят сравнение расчетного максимального понижения S_{max} с допусковым понижением $S_{\text{доп}}$. При $S_{\text{max}} > S_{\text{доп}}$ увеличивают расстояние между скважинами и повторяют расчеты.

Допустимое понижение уровня зависит от гидрологических условий водоносного пласта, конструкции трубчатого колодца (скважины), от места установления насосного агрегата и фильтра. Это понижение определяют в зависимости от напора, создаваемого в пластах, по следующим формулам:

– в напорных

$$S_{\text{доп}} = H - [(0,3-0,5)M - \Delta h_n - \Delta h_{\text{ф}}]; \quad (9)$$

– в безнапорных

$$S_{\text{доп}} = (0,5 - 0,8)H - \Delta h_n - \Delta h_{\text{ф}}, \quad (10)$$

где Δh_n – максимальная глубина погружения нижней кромки насоса под динамический уровень в скважине, м;

$\Delta h_{\text{ф}}$ – потери напора в скважине на входе через фильтр, м;

и) в заключение определяют положение динамического уровня в скважине:

$$Z_{\text{дин}} = Z_{\text{ст}} - S_{\text{пр}}, \quad (11)$$

где $Z_{\text{дин}}$ – отметка динамического уровня, м;

$Z_{\text{ст}}$ – отметка статического уровня, м;

$S_{\text{пр}}$ – принятое значение понижения уровня, м.

Расчет водоподъемной станции (ВПС) состоит из нескольких этапов:

- обоснование расчётной схемы;
- определение размеров участка водозабора;
- обоснование рациональной схемы расположения скважин в пределах участка;
- обоснование режимов работы скважин в течение расчётного срока эксплуатации (дебиты и понижения динамического уровня).

Линейная схема подключения скважин к сборному водоводу самая простая и применяется при укладке водовода в одну нитку [4,5,13,9] (рис. 1). Диаметр сборного водовода может увеличиваться, при увеличении числа присоединяемых скважин и, следовательно, увеличении расхода.

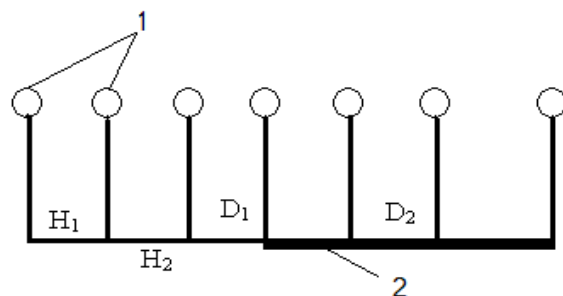


Рис. 1. Линейная схема подсоединения скважин к сборному водоводу, выполненная в одну нитку: 1 – водозаборные скважины; 2 – сборный водовод

При определении режимов работы сборного водовода необходимо учитывать совместную работу резервуаров чистой воды и трубчатых колодцев. При

этом, напор, создаваемый погружным насосным агрегатом в точке подключения к сборному водоводу H_1 , должен быть больше напора в водоводе.

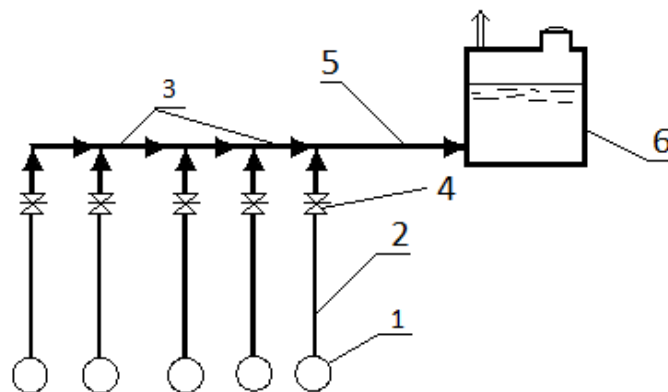


Рис. 2. Линейная схема присоединения скважин на водозаборе из подземного источника:
1 – водоприёмные устройства (скважины); 2 – напорные трубы; 3 – сборный водовод;
4 – запорно-регулирующая арматура; 5 – магистральный водовод; 6 – резервуар чистой воды

На рисунке 2 приведена схема с использованием трубчатых колодцев (скважин), применяемых в качестве водозаборных сооружений. Вода, добываемая из водоносного пласта погружными насосами, установленными в скважинах, по напорным трубопроводам подается в сборный водовод и далее поступает в резервуары чистой воды

Общая схема расположения сооружений на ВПС, приведённая на рисунке 2, является наиболее распространённой в практике строительства и эксплуатации водозаборов подземных вод, когда в качестве водоприёмных устройств применяются скважины и требуется улучшение качества извлекаемой из водоносного пласта воды перед подачей её потребителю.

Если на водозаборе большое количество скважин, и они расположены вдоль реки на расстоянии от неё L , то в расчётах можно использовать формулу, допускающая замену реального ряда скважин галереей расходом на 1 м длины [4,14, 15]:

$$q = \frac{Q_{\text{сум}}}{2l} = \frac{Q}{2\sigma}, \quad (12)$$

где $Q_{\text{сум}}$ - суммарный расход скважин;

Q – расход одной скважины;

l - половина длины галереи;

σ - половина расстояния между скважинами; $\sigma = \frac{l}{n-1}$;

n – общее число скважин.

Если линейный ряд скважин имеет длину, соизмеримую с расстоянием до реки (т.е. $2l \approx L$), в расчетах используют уравнение для галереи конечной длины. Тогда при использовании метода зеркальных отображений получаем зависимость, позволяющую определить снижение динамического уровня в любой момент времени при длительных периодах откачки в любой точке пласта M (рис. 3):

$$S = \frac{ql}{2\pi k m \sigma} R_{\text{л.уст.}} \quad (13)$$

$$R_{\text{л.уст.}} = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + (\bar{y} + \bar{L})^2}{1 + (\bar{y} - \bar{L})^2} - \gamma \arctg \frac{2\bar{L}}{\gamma - \bar{L} + 1} + \bar{L} \arctg \frac{2\bar{y}}{\gamma - \bar{L} - 1}. \quad (14)$$

Эти формулы дают возможность определить, на сколько понизился динамический уровень в точках, удалённых от ряда скважин, расположенных в одну линию, пересекающую середину ряда и расположенную к нему перпендикулярно.

Если требуется определить снижение динамического уровня в самих трубчатых колодцах функция $R_{л.уст.}$ выражается следующим образом:

$$R_{л.уст.} = \frac{1}{2} \ln 1 + (1 + 2\bar{L}) + 21 + \bar{L} \arctg \frac{1}{2\bar{L}} + \frac{\sigma}{L} \left(\ln \frac{\sigma}{\pi r_0} + \zeta \right). \quad (15)$$

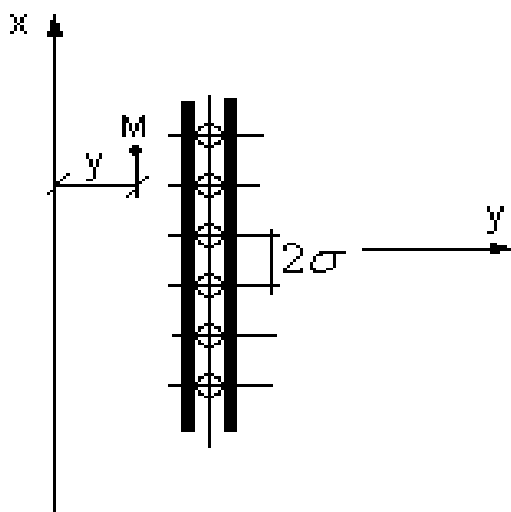


Рис. 3. Схема к расчету линейного ряда скважин, расположенного вблизи реки

Сделав несложное преобразование с формулой (12) и подставив в неё формулу (14), получаем зависимость, по которой определим подачу одной скважины:

$$Q = \frac{2S\pi km\sigma}{l} \left(\frac{1}{2} \ln 1 + (1 + 2\bar{L}) + 21 + \bar{L} \arctg \frac{1}{2\bar{L}} + \frac{\sigma}{L} \left(\ln \frac{\sigma}{\pi r_0} + \zeta \right) \right). \quad (16)$$

В итоге получаем общую зависимость определения дебита для одной скважины:

$$Q = \frac{4\pi km\sigma S}{\left[-E_i \left(-\frac{r^2}{4at} \right) + \varepsilon \right]}, \quad (17)$$

где k – коэффициент фильтрации, м/сут;

m – мощность водоносного горизонта, м;

t – продолжительность откачки воды из скважины (продолжительность эксплуатации), сут.

R – радиус скважины, м;

a – коэффициент пьезопроводности;

E_i – интегральная показательная функция;

ε – коэффициент, учитывающий фильтрационное сопротивление.

Если скважины дают постоянный дебит при длительном периоде эксплуатации выражение (17) принимает следующий вид:

$$Q = \frac{2\pi km\sigma S}{\ln \frac{R}{r} + \varepsilon}, \quad (18)$$

где R – радиус влияния скважины.

Если на водозаборе скважины расположены в один ряд и параллельно берегу водоема, то расчеты можно производить по выражению:

$$Q = \frac{2\pi km\sigma S}{\ln \sqrt{1 + \frac{2L}{l} + \frac{2L}{l} \arctg \frac{l}{2L} + \frac{\sigma}{l} \left(\ln \frac{\sigma}{\pi r_0} + \varepsilon \right)}}, \quad (19)$$

где L – расстояние ряда скважин от длины, м.

Выводы

В заключение отметим, что от выбора схемы водозабора, его эксплуатационных характеристик зависят капитальные затраты на сооружение водозабора, а также создание лучших условий для эксплуатации оборудования и сетей.

Изучение вопроса оптимизации работы взаимодействующих скважин пока-

зало, что линейная схема подключения трубчатых колодцев к сборному водоводу – самая простая и применяется при укладке водовода в одну нитку.

Расчет группы взаимодействующих скважин заключается в нахождении числа трубчатых колодцев, расстояния между ними, дебита и уровней (статического и динамического). При определении режимов работы сборного водовода необходимо учитывать совместную работу резервуаров чистой воды и трубчатых колодцев.

Диаметр сборного водовода необходимо увеличивать при увеличении числа присоединяемых скважин, а следовательно, увеличении расхода.

Список литературы

1. Щербаков В.И., Акульшин А.А. Водозаборные сооружения из подземных источников / LAPLAMBERT Academic Publishing. BeauBassin, 71504. Mauritius, 2017. 192 с.
2. Ноздратенко С.А., Акульшин А.А., Акульшин А.А. Профилактические мероприятия по продлению сроков эксплуатации водозаборных скважин // Современные материалы, техника и технология: материалы 5-й Международной научно-практической конференции (29-30 декабря 2015 г.) / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2015. 145 с.
3. Переверзева В.С., Акульшин А.А. Определение оптимальной скважности проволочных фильтров в зависимости от параметров трубчатых колодцев и грунта // Математика и ее приложения в современной науке и практике: сборник научных статей Международной научно-практической конференции (29-31 октября 2014 г.) / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2014. 438 с.
4. Щербаков В.И., Пурусова И.Ю. Методы расчета взаимодействующих скважин водозабора // Вестник центрального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук: сб. науч. ст. Воронеж-Тамбов, 2009. С.281-284.
5. Каменский Г.Н. Основы динамики подземных вод. М.: Госгеоллиздат, 1943. 248 с.
6. Чудновский С.М., Зенков А.В. Проектирование, строительство и эксплуатация водозаборных скважин: учебное пособие. Вологда, 2008. 134 с.
7. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция. СНиП 2.04.02-84*. М.: Минрегион России, 2012. 128 с.
8. Плотников Н. А., Алексеев В.С. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод. М.: Стройиздат, 1990. 256 с.
9. Проектирование водозаборов подземных вод / под ред. Ф. М. Бочевера. М.: Стройиздат, 1976. 92 с.
10. Панов М.Я., Щербаков В.И., Пурусова И.Ю. Моделирование потокораспределения и управление водоподъемными станциями // Вестник Воронежского технического университета, серия Энергетика. 2007. Т. 3. №6. С.182-185.
11. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Т. 1. Системы водоснабжения, водозаборные сооружения. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. 400 с.
12. Белицкий А.С., Дубровский В.В. Проектирование разведочно-эксплуатационных скважин для водоснабжения. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1974. 256 с.

13. Башкатов Д. Н., Роговой В. Л. Бурение скважин на воду. М.: Колос, 1976. 208 с.

14. Разработка фильтров водозаборных скважин для гидрогеологических условий водозаборов г.Курска / А.А. Акульшин, И. С. Шалай, А.А. Акульшин, В.С. Перверзева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологию 2014. №2. С. 39–44.

15. Крыгина А. М., Акульшин А. А., Акульшин А. А. К вопросу о технической эксплуатации водозаборных скважин // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 8. С. 40–41.

16. Анализ методов восстановления дебита водозаборных скважин / А.А. Акульшин, В.П. Петриченко, А.А. Акульшин, И.С. Шалай // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. №2. Ч.2. С.35-38.

Поступила в редакцию 02.03.18

UDC 628.112.24

V. I. Shcherbakov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: scher@vgasu.vrn.ru)

A. A. Akulshin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

N. V. Bredikhina, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: aculchinaa@mail.ru)

CALCULATION OF INTERACTIVE MINING HOLES WITH THE PURPOSE OF OPTIMIZATION OF CAPITAL AND OPERATING COSTS AT BUILDING OF WATER INTAKES

Water intake facilities are an integral part of the construction industry. The choice of the water intake scheme, its operational characteristics, depend on the capital costs for the construction of the water intake, as well as the creation of better conditions for the operation of equipment and networks. The cost of these facilities is very high. Therefore, when designing them, it is necessary to choose the optimal design scheme and operating modes during the design life.

Operational experience has shown that in order to ensure the most optimal conditions of water intake from an underground source, it is desirable to have a well in one line. In the calculations, the influence of wells on each other is taken into account as in group work, if the distance between them is less than two influence radii. This arrangement of wells allows to reduce the area and capital costs for the construction of water intake, as well as to create the best conditions for the operation of equipment and networks.

The calculation of the group of interacting wells is to find the number of tubular wells, the distance between them, flow and levels (static and dynamic). When determining the operation modes of the combined water conduit, it is necessary to take into account the joint operation of clean water tanks and tubular wells. The diameter of the collecting water pipe must be increased, with an increase in the number of wells to be connected, and therefore an increase in the flow rate.

The linear scheme of connection of wells on water intake from an underground source of water supply is the most common in the practice of construction and operation of groundwater water intakes, when wells are used as water intake devices and it is necessary to improve the quality of the water extracted from the aquifer before supplying it to the consumer.

On water intakes containing a large number of wells located along the river at a certain distance from it, the calculations use a formula that allows the replacement of a real number of wells by a gallery at a rate of 1 m in length. **Key words:** water well, tubular well, scheme, flow rate, dynamic level, static level.

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-2-44-51

For citation: Shcherbakov V. I., Akulshin A. A., Bredikhina N. V. Calculation of Interactive Mining Holes with the Purpose of Optimization of Capital and Operating Costs at Building of Water Intakes. Proceedings of the Southwest State University, 2018, vol. 22, no. 2(77), pp. 44-51 (in Russ.).

Reference

1. Shherbakov V.I., Akul'shin A.A. Vodozabornye sooruzhenija iz podzemnyh istochnikov / LAPLAMBERT Academic Publishing. BeauBassin, 71504. Mauritius, 2017, 192 p.
2. Nozdratenko S.A., Akul'shin A.A., Akul'shin A.A. Profilakticheskie mero-prijatija po prodleniju srokov jekspluatacii vodozabornyh skvazhin. Sovremennye, materialy, tehnika i tehnologija. Materialy 5-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (29-30 dekabrja 2015 g.). Kursk, 2015, 145 p.
3. Pereverzeva V.S., Akul'shin A.A. Opredelenie optimal'noj skvazhnosti provolochnyh fil'trov v zavisimosti ot parametrov trubchatyh kolodcev i grunta. Matematika i ee prilozhenija v sovremennoj nauke i praktike. Sbornik nauchnyh statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (29-31 ok-tjabrja 2014 g.). Kursk, 2014, 438 p.
4. Shherbakov V.I., Purusova I.Ju. Metody rascheta vzaimodejstvujushhih skvazhin vodozabora. Vestnik central'nogo otdelenija Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk. Sb. nauch. st. Voronezh-Tambov, 2009, pp. 281-284.
5. Kamenskij G.N. Osnovy dinamiki podzemnyh vod. Moscow, Gosgeolizdat Publ., 1943, 248 p.
6. Chudnovskij S.M., Zenkov A.V. Proektirovanie, stroitel'stvo i jekspluatacija vodozabornyh skvazhin. Vologda, 2008, 134 p.
7. SP 31.13330.2012. Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzhenija. Aktualizirovannaja redakcija. SNiP 2.04.02-84*. Moscow, 2012, 128 p.
8. Plotnikov N. A., Alekseev V.S. Proektirovanie i jekspluatacija vodozaborov podzemnyh vod. Moscow, Strojizdat Publ., 1990, 256 p.
9. Proektirovanie vodozaborov podzemnyh vod, ed. by F. M. Bochever. Moscow, Strojizdat Publ., 1976, 292 p.
10. Panov M.Ja., Shherbakov V.I., Purusova I.Ju. Modelirovanie potokoraspredelenija i upravlenie vodopod#emnymi stancijami. Vestnik Voronezhskogo tehničeskogo universiteta, serija Jenergetika, 2007, vol. 3, no.6, pp.182-185.
11. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova Zh.M. Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenij. Vol. 1. Sistemy vodosnabzhenija, vodozabornye sooruzhenija. Moscow, 2010, 400 p.
12. Belickij A.S., Dubrovskij V.V. Proektirovanie razvedočno-jekspluacionnyh skvazhin dlja vodosnabzhenija. Moscow, Nedra Publ., 1974, 256 p.
13. Bashkatov D. N., Rogovoj V. L. Burenje skvazhin na vodu. Moscow, Kolos Publ., 1976, 208 p.
14. Akul'shin A.A., Shalaj I. S., Akul'shin A.A., Pereverzeva V.S. Razrabotka fil'trov vodozabornyh skvazhin dlja gidrogeologičeskikh uslovij vodozaborov g.Kurska. Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, Serija Tehnika i tehnologii, 2014, no. 2, pp. 39-44.
15. Krygina A. M., Akul'shin A. A., Akul'shin A. A. K voprosu o tehničeskoy jekspluatacii vodozabornyh skvazhin. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2011, no. 8, pp. 40-41.
16. Akul'shin A.A., Petrichenko V.P., Akul'shin A.A., Shalaj I.S. Analiz metodov vosstanovlenija debita vodozabornyh skvazhin. Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2012, no.2, pt.2, pp.35-38.