

Код МРНТИ 52.47.15

М.Т. Билецкий¹, *Б.Т. Ратов¹, В.Л. Хоменко², Б.Р. Бораш³¹Satpayev University (г. Алматы, Казахстан),²Национальный технический университет «Днепропетровская политехника» (г. Днепр, Украина),³Caspian University (г. Алматы, Казахстан),⁴Yessenov University (г. Актау, Казахстан)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Аннотация. В работе было рассмотрено внедрение бурения водозаборных скважин большого диаметра, как способа радикального решения проблемы водоснабжения территории, где важной проблемой является необходимость в специальных бурильных колоннах, резко повышающих себестоимость работ. В данной работе предлагается технология, позволяющая обойтись обычными серийно выпускаемыми бурильными трубами, которая защищена патентом Республики Казахстан. Создана компьютерная модель и проведены исследования работы предлагаемой технологии в условиях Самского месторождения подземных вод. Исследованы и представлены зависимости выходных параметров (подача аэрированной смеси, ее плотность и скорость) от заданных условий – глубины бурения, глубины смесителя и скорости углубки.

Ключевые слова: гидрогеологическая скважина большого диаметра, эрлифтный способ обратной промывки, подача воздуха, бурильная колонна, смеситель, шланг, утяжеляющая труба, лебедка, алгоритм, компьютерная модель.

Үлкен диаметрлі су алу ұңғымаларын бұрғылау технологиясын жетілдіру

Андатпа. Жұмыста аталған аумақты сумен жабдықтау мәселесін түбегейлі шешу тәсілі ретінде үлкен диаметрлі су алу ұңғымаларын бұрғылауды енгізу қарастырылды, мұнда жұмыстың өзіндік құнын күрт арттыратын арнайы бұрғылау бағандарының қажеттілігі маңызды мәселе болып табылады. Бұл жұмыста Қазақстан Республикасының патентімен қорғалған кәдімгі сериялы шығарылатын бұрғылау құбырларымен айналып өтуге мүмкіндік беретін технология ұсынылады. Сақ жер асты сулары кен орны жағдайында ұсынылған технологияның жұмысына компьютерлік модель жасалды және зерттеулер жүргізілді. Мәселе бұрғылау бағанына ондағы сұйықтықты бөліктерге, жоғарыдан төменге қарай желдетуге мүмкіндік беретін арнайы құрылғыларды орнату арқылы шешіледі, бұл дизайнды одан әрі қиындатады.

Түйінді сөздер: үлкен диаметрлі гидрогеологиялық ұңғыма, кері жуудың эрлифт әдісі, ауа беру, бұрғылау бағанасы, араластырғыш, шланг, салмақты құбыр, лебедка, алгоритм, компьютерлік модель.

Improvement of the technology of drilling of large diameter water wells

Abstract. The paper considered the introduction of drilling large-diameter water wells as a way to radically solve the problem of water supply to the specified territory, where an important problem is the need for special drill strings that dramatically increase the cost of work. This paper proposes a technology that makes it possible to get by with conventional mass-produced drill pipes, which is protected by a patent of the Republic of Kazakhstan. A computer model has been created and studies of the operation of the proposed technology under the conditions of the Samskoye groundwater deposit have been carried out. The problem is solved by installing special devices in the drill string that allow aerating the liquid in it in parts, in order from top to bottom, which further complicates the design.

Key words: large diameter hydrogeological well, airlift method of reverse circulation, air delivering, drill string, mixer, hose, weight pipe, winch, algorithm, computer model.

Введение

Гидрогеологические скважины большого диаметра^{1,2} [1] проходят с обратной промывкой, что резко повышает скорость восходящего потока и обеспечивает высокий темп углубки за счет качественной очистки забоя от шлама. Из двух способов обратной промывки – эрлифтного и всасывающего – первый позволяет бурить более глубокие скважины с более высокой скоростью углубки и, кроме того, отличается меньшей себестоимостью³. Себестоимость этого способа могла быть еще значительно ниже, если бы не необходимость использования специальной бурильной колонны.

Методы исследования

Исследования были проведены с помощью таких методов, как: критический анализ существующей технологии; разработка структурной схемы; создание алгоритма и компьютерной модели, включающей метод последовательных приближений и его применение для анализа работы устройства.

При бурении скважин большого диаметра с обратной промывкой эрлифтным способом сжатый воздух через смеситель подается в бурильную колонну. Поток аэрированной промывки через вертлюг и шланг сбрасывается в отстойник, откуда попадает в устье скважины и далее возвращается к долоту. На рис. 1 показаны применяемые в настоящее время способы подачи воздуха^{3, 4}. Используется бурильная колонна, состоящая из трех трубопроводов: одного, по которому вверх движется промывка, и двух – меньших, по которым воздух от компрессора движется вниз к смесителю. Соединение труб осуществляется либо специальными замками, либо фланцами, причем фланцевый способ распространен шире⁵, а специальная колонна дороже обычной, кроме того, резко возрастает время наращиваний и спуско-подъемных операций.

Предлагаемая конструктивная схема позволяет отказаться от специальных бурильных колонн, заменив их серийно выпускаемыми, а также обеспечивает

¹United States Environmental Protection Agency. / Manual of Water Well Construction Practices. USEPA Office of Water. – 1975.

²Driscoll F.G. Groundwater and wells. / Johnson Division. St. Paul, MN. – 1986. – 1089 p.

³Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду. / Под редакцией Д.Н. Башкатова. – М. Недра, 1988. – 347 с.

⁴Комитет по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан: Концепция водоснабжения Мангыстауской области. – Астана, 2012.

⁵Сыдыков Ж.С., Кукабаев И., Кугешев А.К., Вишняков А.С., Куликов Г.В., Соколов Г.В.: Подземные воды Мангышлак-Устьуртской нефтегазоносной провинции. // Академия наук Казахской ССР. Институт гидрогеологии и Гидрофизики. – Алма-Ата: Наука, 1970. – 202 с.

Таблица 1
Основные параметры бурения типовой скважины
Кесте 1
Типтік ұңғыманы бұрғылаудың негізгі параметрлері
Table 1
Key drilling parameters for a typical well

Параметры	Значение
Глубина бурения H , м	200
Глубина кровли продуктивного пласта H_p , м	170
Диаметр бурения D , мм	800
Диаметры бурильной колонны: наружный/внутренний d_o/d_i , мм	168/150
Диаметр наружный шланга $d_{ш}$, мм	60
Высота подъема смеси над поверхностью h , м	10
Скорость восходящего потока воды U_w , м/с	2.5
Скорость бурения U_D , м/ч	15
Глубина загрузки смесителя L , м	H-2
Плотность породы ρ_p , кг/м ³	2600

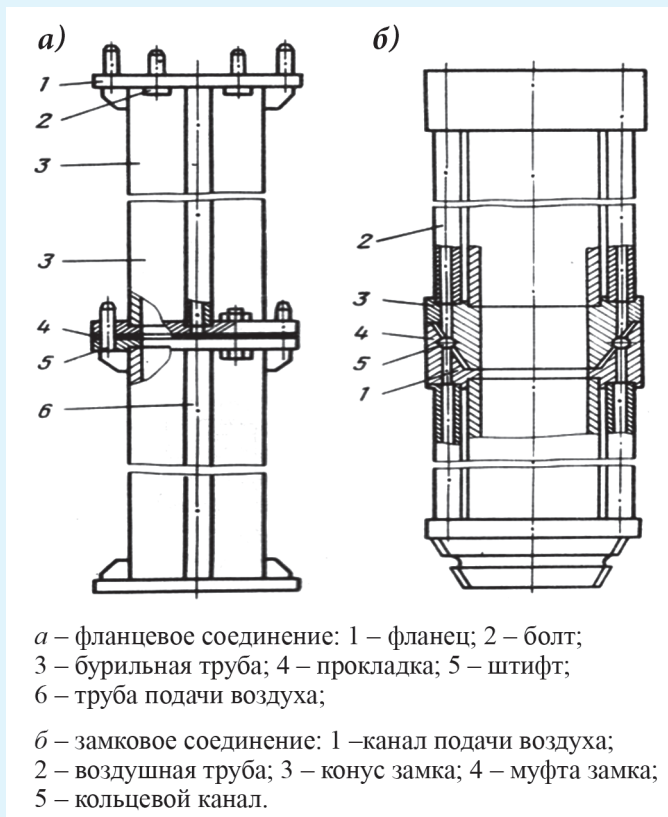


Рис. 1. Соединения бурильной колонны при эрлифтном способе.

Сурет 1. Эрлифт әдісімен бұрғылау бағанының қосылыстары.

Figure 1. Connections of the drill string in the airlift method.

увеличение предельной глубины бурения. Эта схема защищена патентом⁶ Республики Казахстан. Она приведена на рис. 2. Воздух от компрессора подается через спускаемый в бурильную колонну со специальной лебедки шланг, имеющий на своем конце смеситель. Главная проблема, которую предстояло преодолеть, состояла в том, что вращающаяся бурильная колонна в результате действия сил трения может привести к скручиванию шланга и его обрыву. Особенности бурения скважин большого диаметра снижают этот риск. Во-первых, используются весьма низкие частоты вращения, находящиеся в пределах от 6 об./мин до 70 об./мин, следовательно, они снижают работу сил трения. Во-вторых, для создания восходящего потока используются трубы диаметром не меньше 146 мм (внутренний 136 мм), а чаще 168/154 мм и более. В наихудшем случае при воздушном шланге диаметром 60/38 мм зазор со стенкой бурильной трубы будет 38 мм. В-третьих, скважины водоснабжения забуриваются вертикально.

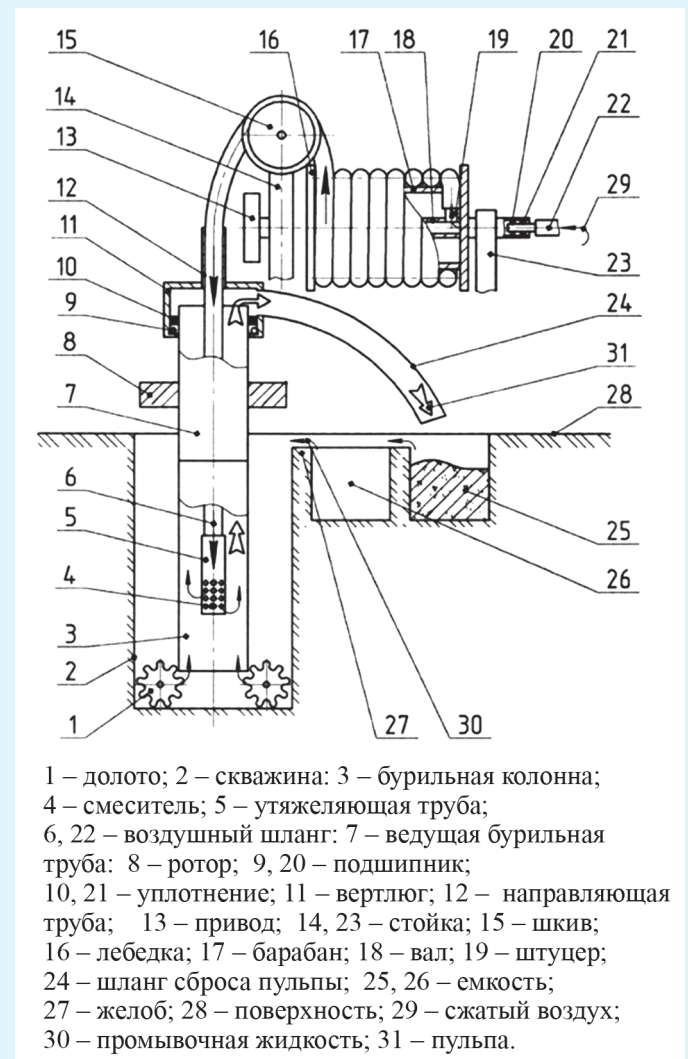


Рис. 2. Совершенствование эрлифтного способа.

Сурет 2. Эрлифт әдісін жетілдіру.

Figure 2. Improvement of the airlift method.

⁶Билецкий М.Т., Ратов Б.Т., Бораиш Б.Р. и др. Устройство подачи воздуха для бурения скважин с обратной промывкой с использованием эрлифта. / Патент Республики Казахстан №35842. – 2022.

В предлагаемом устройстве с целью еще большего снижения риска скручивания шланга на верхней крышке вертлюга размещается труба, направляющая шланг по центральной оси бурильной колонны. На нижнем конце шланг снабжен утяжеляющей трубой, которая увеличивает инерционность, препятствующую силам трения преодолеть сопротивление скручиванию. Труба имеет увеличенный диаметр, что снимает касание натянутого струной шланга со стенкой бурильной трубы, сосредоточив его на соприкосновении с утяжеляющей трубой.

Перед наращиванием бурильной колонны шланг с помощью лебедки извлекается из бурильной колонны до тех пор, пока утяжеляющая труба не окажется целиком внутри ведущей бурильной трубы. После завершения наращивания шланг опускается до требуемого положения. Процесс извлечения и спуска шланга лебедкой занимает несколько секунд [2, 3].

Если гидростатическое давление жидкости превышает возможности компрессора, то спуск шланга осуществляется одновременно с подачей в него компрессором воздуха, что решает трудноразрешимую при существующей технологии проблему:

$$\rho_M = (P_S + P_D - P_{S_2} - P_{D_1} - P_{D_2}) / \{ (L + h)(g + \lambda_M \times [U_M^2 / 2(d - d_H)]) \}, \quad (1)$$

где ρ_M – среднеэффективная плотность водовоздушной смеси;

P_S – гидростатическая компонента P_D ;

P_D – его гидродинамическая компонента;

P_{S_2} – то же за счет шлама;

P_{D_1} – компонента P_D на потоке воды от забоя до смесителя;

P_{D_2} – увеличение P_D за счет шлама;

L – расстояние от смесителя до поверхности;

h – максимальная высота подъема смеси над поверхностью;

g – ускорение свободного падения;

λ_M – коэффициент волны смеси;

U_M – среднеэффективная скорость подъема смеси;

d – внутренний диаметр бурильной колонны;

d_H – наружный диаметр шланга.

Уравнение массовых расходов:

$$Q_W \rho_W + Q_A \rho_A = (Q_W + Q_A) \rho_M, \quad (2)$$

где Q_W – объемный расход воды;

Q_A – среднеэффективный объемный расход воздуха;

ρ_W – плотность воды.

В левой части уравнения первое слагаемое постоянно, т. к. вода несжимаема. Во втором слагаемом постоянно произведение (массовый расход воздуха): чем больше первый множитель, тем меньше второй. Расход воздуха (без учета его ничтожно малой плотности):

$$Q_A = [Q_W(\rho_W - \rho_M)] / \rho_M; \quad (3)$$

$$Q_M = Q_W \times \rho_W / \rho_M, \quad (4)$$

где Q_M – малый расход воздуха.

Средняя скорость движения смеси:

$$U_M = Q_M / F, \quad (5)$$

где F – площадь проходного сечения бурильной трубы.

$$F = (\pi/4)(d^2 - d_H^2). \quad (6)$$

В формуле (1) уже участвует средняя скорость смеси U_M , которая еще не определена. Проблема решается методом последовательных приближений [4]: в формулу (1) в качестве U_M подставляется его предположительное наиболее возможно близкое значение. Полученное

ρ_M видоизменяется в соответствии с закономерностями, описываемыми формулами (2, 3, 4), и в конце по формуле (5) получается новое значение U_M . Как и принятое первоначально, оно также будет содержать ошибку, но она будет меньше. Новое значение видоизменяется в соответствии с зависимостями (1, 2, 3, 4, 5) с дальнейшим снижением ошибки. Циклы повторяются до тех пор, пока новое значение U_M не будет отличаться от предшествующего, менее, чем на заданную, пренебрежимо малую величину. Тогда будет считаться, что истинное U_M найдено, так же, как и значения ρ_M , Q_A и Q_M .

Выше рассматривались среднеэффективные значения параметров смеси, т. е. относящиеся ко всему интервалу – от смесителя до полной высоты ее подъема. Но текущие значения этих параметров по ходу восхождения изменяются, т. к. снижается гидростатическое давление, увеличивается размер пузырей воздуха, объем и скорость смеси и уменьшается ее плотность [5, 6].

Результаты исследований на компьютерной модели

На основе разработанного алгоритма составлена компьютерная модель и проведены исследования применительно к условиям бурения водозаборных скважин на Самском месторождении полуострова Мангыстау.

Ниже приводятся важнейшие из полученных зависимостей. Исследуемый параметр изменяется в интересующих пределах с заданным шагом. Прочие входные параметры были взяты из табл. 1.

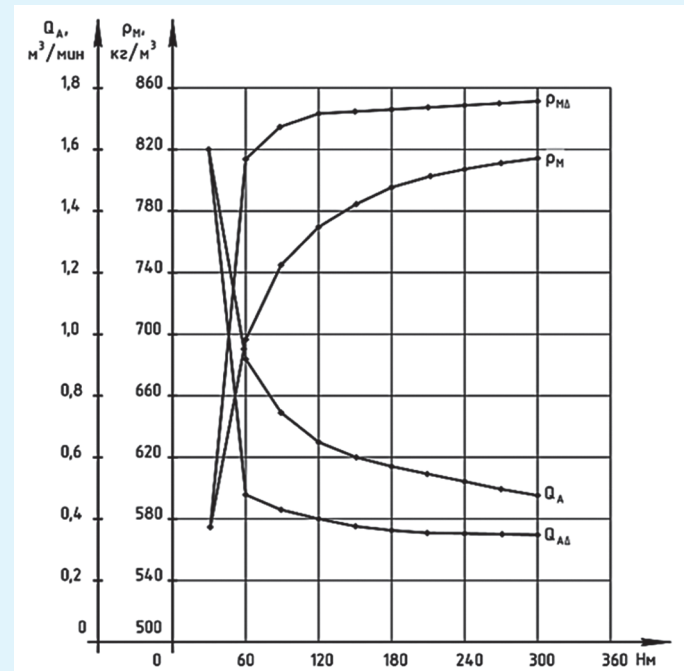


Рис. 3. Среднеэффективные и интервальные (с индексом Δ) значения плотности смеси ρ_M и расхода воздуха Q_A .

Сурет 3. Орташа тиімді және аралық (Δ индексімен) ρ_M қоспасының тығыздығы мен Q_A ауа ағынының мәндері.
Figure 3. Average-effective and interval (with the index Δ) values of the mixture density ρ_M and air flow Q_A .

Таблица 2

Зависимость среднеэффективных значений выходных параметров эрлифтной циркуляции от глубины скважин

Кесте 2

Эрлифт айналымының шығыс параметрлерінің орташа тиімді мәндерінің ұңғымалардың тереңдігіне тәуелділігі

Table 2

Dependence of average effective values of airlift circulation output parameters on well depth

Глубина бурения H , м	Гидростатическое давление в затрубном пространстве P_s , МПа	Увеличение давления за счет шлама P_d , МПа	Плотность смеси ρ_M , кг/м ³	Расход воздуха Q_A , м ³ /мин	Расход смеси Q_M , м ³ /мин	Скорость восходящего потока U_M , м/с
30	0,294	0,038	577	1,595	3,773	4,333
60	0,589	0,066	697	0,945	3,123	3,585
90	0,883	0,094	744	0,749	2,927	3,360
120	1,177	0,122	769	0,654	2,832	3,250
150	1,472	1,150	784	0,597	2,775	3,189
180	1,766	0,179	795	0,560	2,738	3,143
210	2,060	0,208	803	0,534	2,712	3,113
240	2,354	0,236	808	0,514	2,692	3,091
270	2,649	0,264	813	0,499	2,677	3,073
300	2,943	0,292	817	0,487	2,665	3,059

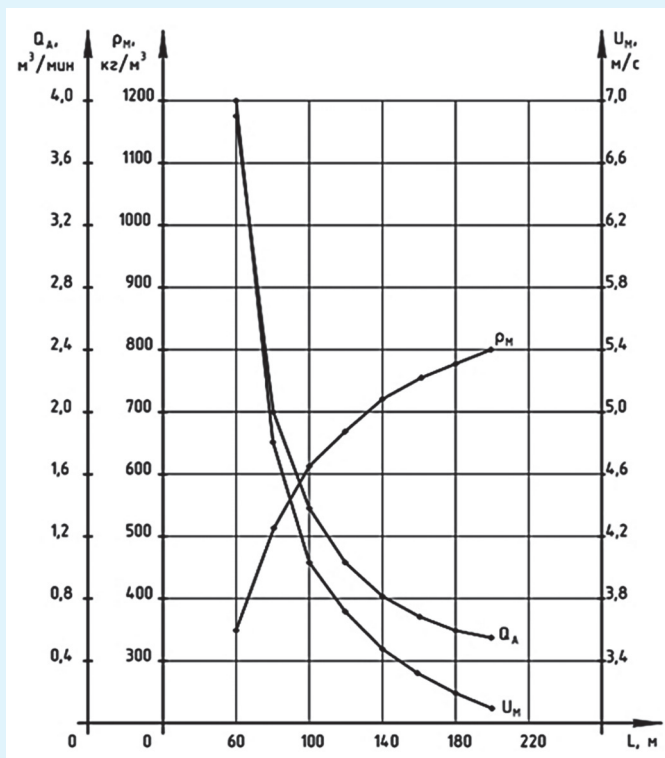


Рис. 4. Зависимость эффективных значений плотности смеси ρ_M , ее скорости U_M и расхода воздуха Q_A от глубины смесителя L .

Сурет 4. Қоспаның тығыздығының тиімді мәндерінің ρ_M , оның жылдамдығы U_M және ауа ағынының Q_A араластырғыштың тереңдігіне тәуелділігі L .

Figure 4. The dependence of the effective values of the mixture density ρ_M , its velocity U_M and air flow Q_A on the depth of the mixer L .

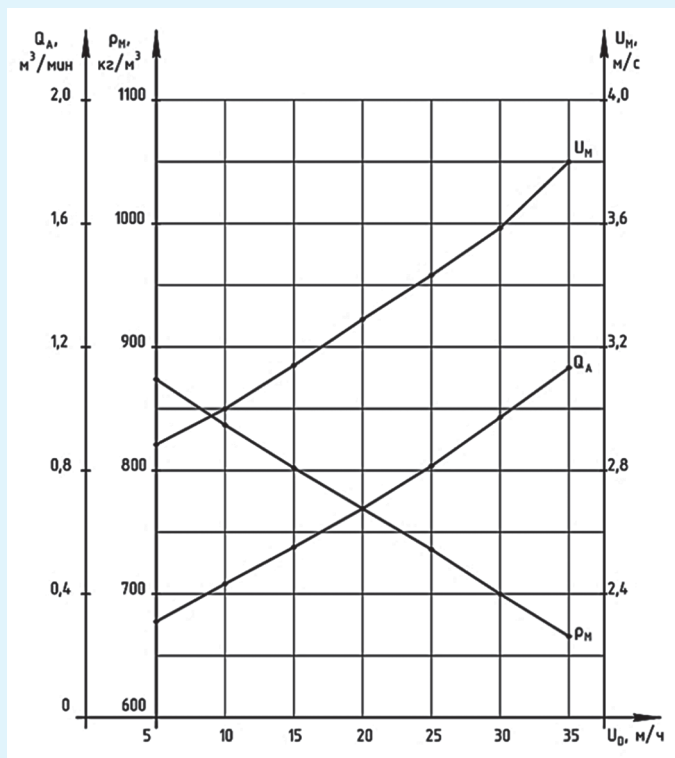


Рис. 5. Зависимость эффективных значений плотности смеси ρ_M , скорости ее подъема U_M и расхода воздуха Q_A от скорости углубки U_D .

Сурет 5. Қоспаның ρ_M тығыздығының тиімді мәндерінің, оның көтерілу жылдамдығының U_M және ауа ағынының Q_A жылдамдығының U_D депрессиясының жылдамдығына тәуелділігі.

Figure 5. The dependence of the effective values of the mixture density ρ_M , the rate of its rise U_M and air flow Q_A on the rate of deepening U_D .

На рис. 3 дается сравнение средних (согласно табл. 2) и интервальных значений. Указанная глубина H в отношении к среднеэффективным значениям – есть глубина каждой из пяти скважин, тогда как для интервальных значений – это нижняя граница одного из пяти интервалов, на которые условно разбита скважина глубиной 300 м. Рис. 3 демонстрирует, что интервальные значения изменяются более резко. Так, ρ_{DM} интенсивно растет до глубины 60 м, далее – замедленно – до 120 м, а в интервале 120-300 м изменяется слабо.

На рис. 4 видно, как с глубиной погружения смесителя L плотность смеси резко возрастает и, соответственно, резко уменьшается расход воздуха и скорость восходящего потока водо-воздушной смеси.

На рис. 5 видно, как с ростом скорости углубки и, соответственно, содержания в смеси шлама возрастают необходимая подача воздуха и скорость восходящего потока, падает плотность смеси.

Заключение

Разработан алгоритм работы устройства и составлена компьютерная модель, где с ее помощью были исследованы особенности предлагаемой технологии применительно к условиям Самского месторождения подземных вод полуострова Мангыстау. Исследованы и представлены зависимости выходных параметров (подача азрированной смеси, ее плотность и скорость) от заданных условий: глубины бурения, глубины смесителя и скорости углубки. Кроме того, исследованы зависимости от диаметра скважины диаметра бурильных труб и расхода подаваемой жидкости. Приведены изменения параметров смеси при ее восходящем потоке. Примерный расчет эффективности показал, что стоимость строительства типовой 200-метровой скважины диаметром 800 мм уменьшается за счет снижения стоимости оборудования на 2001000 тенге и еще на 3419000 тг. – за счет снижения времени соединения бурильных труб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Biletskiy M.T., Ratov B.T., Khomenko V.L., Borash B.R., Borash A.R. Повышение коэффициента использования запасов подземных вод полуострова Мангыстау за счет установления наиболее эффективного способа бурения водозаборных скважин. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2022. – №5(455). – С. 51-62 (на английском языке)
2. Сысоев Н.И., Гринько А.А., Гринько Д.А. Обоснование структуры и рациональных конструктивных параметров перфоратора с винтовым рабочим ходом бурового инструмента. // ГИАБ. – 2021. – №7. – С. 113-124 (на русском языке)
3. Cheng L., Man G.X., Zhu L.Q., Wang H.L., Ren L.K., Wang K. Применение эрлифтной технологии бурения с обратной циркуляцией вентиляционных труб при строительстве скважин большого диаметра. // Буровая техника. – 2014. – №3. – С. 44-47 (на английском языке)
4. Ratov B.T., Fedorov B.V., Khomenko V.L., Vaiboz A.R., Korgasbekov D.R. Некоторые особенности технологии бурения долотами PDC. // Научный вестник Национального горного университета. – 2020. – №3. – С. 13-18 (на английском языке)
5. Sudakov A., Chuduk I., Sudakova D., Dziubyk L. Инновационная технология изоляции зон поглощения термопластичными материалами. // Сеть конференций E3S. – 2019. – №123. – С. 1-10 (на английском языке)
6. Xiutun M., Yue C., Luheng Q. Исследование и применение технологии газлифтного бурения с обратной циркуляцией для строительства геотермальных скважин на острове Цзяолюу в Даляне. // Разработка процедур. – 2014. – Вып. 73. – С. 252-257 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Biletskiy M.T., Ratov B.T., Khomenko V.L., Borash B.R., Borash A.R. Сумен жабдықтау ұңғымаларын бұрғылаудың ең тиімді әдісін белгілеу арқылы Маңғыстау түбегінің жер асты суларының қорын пайдалану коэффициентін арттыру. // Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының жаңалықтары. – 2022. – №5. – Б. 51-62 (ағылшын тілінде)
2. Сысоев Н.И., Гринько А.А., Гринько Д.А. Бұрғылау құралының бұрандалы жұмыс жүрісі бар перфоратордың құрылымы мен ұтымды жобалық параметрлерін негіздеу. // Тау-кен туралы ақпарат және аналитикалық бюллетень. – 2021. – №7. – Б. 113-124 (орыс тілінде)
3. Cheng L., Man G.X., Zhu L.Q., Wang H.L., Ren L.K., Wang K. Үлкен диаметрлі ұңғымаларды бұрғылау құрылысында желдету құбырының ауа-лифтінің кері айналмалы бұрғылау технологиясын қолдану. // Бұрғылау инженериясы. – 2014. – №3. – Б. 44-47 (ағылшын тілінде)
4. Ratov B.T., Fedorov B.V., Khomenko V.L., Vaiboz A.R., Korgasbekov D.R. PDC қашауларымен бұрғылау технологиясының кейбір ерекшеліктері. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – 2020. – №3. – Б. 13-18 (ағылшын тілінде)

5. *Sudakov A., Chudyk I., Sudakova D., Dziubyk L. Термопластикалық материалдармен жұту аймақтарын оқшаулаудың инновациялық технологиясы. // E3S Веб-конференциясы. – 2019. – №123. – Б. 1-10 (ағылшын тілінде)*
6. *Xiumin M., Yue C., Luheng Q. Далянь Цзяолиу аралында геотермиялық ұңғымаларды салуға газ көтергіш кері айналымды бұрғылау технологиясын зерттеу және қолдану. // Процедураларды әзірлеу. – 2014. – Шығ. 73. – Б. 252-257 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Biletskiy M.T., Ratov B.T., Khomenko V.L., Borash B.R., Borash A.R. Increasing the Mangystau peninsula underground water reserves utilization coefficient by establishing the most effective method of drilling water supply wells. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2022. – №5(455). – P. 51-62 (in English)*
2. *Sysoyev N.I., Grin'ko A.A., Grin'ko D.A. Obosnovanie struktury i racional'nykh konstruktivnykh parametrov perforatora s vintovym rabochim xodom burovogo instrumenta [Substantiation of the structure and rational design parameters of perforators with a screw working stroke of a drilling tool]. // GIAB = Mining Information and Analytical Bulletin. – 2021. – №7. – P. 113-124 (in Russian)*
3. *Cheng L., Man G.X., Zhu L.Q., Wang H.L., Ren L.K., Wang K. Application of pipe ventilation air-lift reverse circulation drilling technology in large diameter well drilling construction. // Drilling engineering. – 2014. – №3. – P. 44-47 (in English)*
4. *Ratov B.T., Fedorov B.V., Khomenko V.L., Baiboz A.R., Korgasbekov D.R. Some features of drilling technology with PDC bits. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2020. – №3. – P. 13-18 (in English)*
5. *Sudakov A., Chudyk I., Sudakova D., Dziubyk L. Innovative isolation technology for swallowing zones by thermoplastic materials. // E3S Web of Conferences. – 2019. – №123. – P. 1-10 (in English)*
6. *Xiumin M., Yue C., Luheng Q. Research and application of gas-lift reverse circulation drilling technology to geothermal well construction in dalian jiaoliu island. // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 73. – P. 252-257 (in English)*

Сведения об авторах:

Билецкий М.Т., канд. техн. наук, доцент, ассоциированный профессор кафедры «Геофизика» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), biletskymarc@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4947-5686>

Ратов Б.Т., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Геофизика» Института геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), ratov.bt@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4707-3322>

Хоменко В.Л., канд. техн. наук, ассоциированный профессор кафедры нефтегазовой инженерии и бурения Национального технического университета «Днепропетровская политехника» (г. Днепр, Украина), intelldriller@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3607-5106>

Бораш Б.Р., PhD докторант кафедры «Экология и геология» Yessenov University (г. Актау, Казахстан), bokenbay83@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9898-392X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Билецкий М.Т., техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, «Геофизика» кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан)

Ратов Б.Т., техника ғылымдарының докторы, Satbayev University, Қ. Тұрысов атындағы геология және мұнай-газ ісі институты, «Геофизика» кафедрасының меңгерушісі (Алматы қ., Қазақстан)

Хоменко В.Л., техника ғылымдарының кандидаты, «Днепр политехникасы» Ұлттық техникалық университеті, Мұнай-газ инженериясы және бұрғылау кафедрасының доценті (Днепр қ., Украина)

Бораш Б.Р., Yessenov University, «Экология және геология» кафедрасының PhD докторанты (Актау қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Biletskiy M.T., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Geophysics of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Ratov B.T., Head at the Department of Geophysics of the Institute of Geology and Oil and Gas Business named after K. Turysov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Khomenko V.L., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Oil and Gas Engineering and Drilling of the National Technical University «Dnipro Polytechnic» (Dnipro, Ukraine)

Borash B.R., PhD Student at the Department of Ecology and Geology of the Yessenov University (Aktay, Kazakhstan)