

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ БУРОВОГО РАСТВОРА

М.Т. Билецкий¹, Б.Т. Ратов², Д.Н. Деликешева¹

¹ Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,
Алматы, Республика Казахстан

² Каспийский университет, Алматы, Республика Казахстан, e-mail: ratov69@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены целесообразность и практическая осуществимость перехода с традиционного ручного способа измерения параметров качества бурового раствора, в частности, его плотности и содержания шлама в его восходящем потоке, к автоматическому непрерывному мониторингу. Для сохранения преемственности процедура ручного измерения сохранена, однако в целях автоматизации к имеющимся элементам добавлен ряд новых, таких как поворотный стол, реле времени, преобразователь измеряемого параметра в электрический сигнал, аналого-цифровой преобразователь и демонстрационное табло. Составлены принципиальные схемы автоматических измерителей плотности раствора, его условной вязкости, статического напряжения сдвига, фильтрации и содержания шлама в восходящем потоке. Патентные исследования не выявили иных устройств по автоматическому измерению параметров бурового раствора. На все перечисленные выше устройства получены патенты Республики Казахстан. Параметры бурового раствора, в первую очередь, плотность и содержание шлама, играют основную роль в предотвращении аварий. В ходе бурения они подвержены спонтанным изменениям с угрозой возникновения аварий. Переход от спорадических ручных замеров к непрерывному автоматическому мониторингу (давно осуществленному для всех прочих режимных параметров бурения) резко сократит затраты на ликвидацию аварий и осложнений.

Ключевые слова: параметры буровых растворов, бурение скважин, аварии, автоматизация измерений, перевод в цифровую форму, измеритель плотности, содержание шлама, поворотный стол, электродвигатель, подшипник, воронка, калиброванная тружина.

Для цитирования: Билецкий М. Т., Ратов Б. Т., Деликешева Д. Н. Разработка устройства для автоматического измерения плотности бурового раствора // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 7. – С. 140–148. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-140-148.

Automatic mud density measurement device

М.Т. Biletskiy¹, B.T. Ratov², D. Delikesheva¹

¹ K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

² Caspian Public University (Caspian University), Almaty, Kazakhstan, e-mail: ratov69@mail.ru

Abstract: It is discussed whether it is expedient and practically feasible to transit from conventional manual measurement of mud quality, in particular, density and content of solids in mud to surface, to automated continuous monitoring. For the procedure continuity, manual measurement is persevered while automation includes some additional elements such as turn table, timing relay, converter of measured parameter to electric signal, analog-to-digital converter and display board.

The circuit diagrams are constructed for automatic meters of mud density, conditional viscosity, static shear stress, filtration and content of solids in mud to surface. The patent research discovers no other devices for automatic measurement of drill mud parameters. All listed facilities are patented in the Republic of Kazakhstan. The drill mud parameters, for the first turn, density and content of solids, take critical part in prevention of accidents. These parameters are amenable to unprompted changes in drilling under accident threat. Transition from sporadic manual measurements to the automated continuous monitoring (long ago implemented for all other operating conditions of drilling) can cut down cost of emergency response and elimination of drilling problems.

Key words: drilling mud parameters, hole drilling, accidents, measurement automation, digitalization, density meter, content of solids, turn table, electric motor, bearing, funnel, calibrated spring.

For citation: Biletskiy M. T., Ratov B. T., Delikesheva D. Automatic mud density measurement device. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(7):140-148. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-140-148.

Как известно, при бурении скважин вообще и по мало устойчивым породам в особенности правильный выбор бурового раствора имеет первостепенное значение. Буровые растворы являются основным средством борьбы с геологическими осложнениями и связанными с ними авариями. Время на ликвидацию таких аварий в среднем занимает заметную часть от общего времени строительства скважин и существенно повышает их себестоимость.

Качественный состав буровых растворов отражается в их измеряемых параметрах, таких как плотность, вязкость, фильтрация, статическое и динамическое напряжения сдвига, содержание частиц шлама, содержание ионов водорода и др.

В процессе бурения качественный состав и соответствующие значения измеряемых параметров непрерывно изменяются вследствие расходования компонентов раствора при его взаимодействия со стенками скважины и слагающими их породами. В результате раствор теряет заданные свойства, и появляется опасность осложнений и аварий. Такие изменения могут быть не только постепенными, но и внезапными. В последнем случае они могут сигнализировать об изменении, возможно опасном, геологических условий, требующих принятия срочных мер и, в первую очередь, корректи-

ровки качественного состава раствора.

Практически все режимные параметры бурения, такие как нагрузка на долото, частота его вращения, подача жидкости, ее давление, скорость углубки, крутящий момент и ряд иных параметров в процессе бурения измеряются автоматически и непрерывно. Их значения демонстрируются на пульте бурильщика, и при выходе за допустимые пределы обеспечивается возможность незамедлительной реакции оператора.

Как упомянуто выше, знание текущих значений параметров раствора и своевременное реагирование на их изменения важны. Однако до настоящего времени параметры бурового раствора измеряются вручную, и часто от случая к случаю. В обычных условиях промежутки между замерами измеряются часами и сутками. Причина этого заключается преимущественно в том, что они должны выполняться квалифицированными специалистами, нередко закрепленными за несколькими бурящимися скважинами. При таком режиме опасность осложнений из-за несоответствия качества раствора условиям бурения всегда присутствует.

Очевидно, что данная проблема может быть радикально решена только при условии непрерывного мониторинга параметров раствора путем перехода на их автоматическое измерение.

Кроме непрерывного мониторинга и исключения необходимости в специально обученном персонале, автоматизация измерений параметров бурового раствора обеспечит также следующие преимущества:

1. Установление строгой периодичности замеров и снижение заданного периода измерений до необходимого минимума.

2. Снижение потребного на производстве замера времени, в частности, за счет устранения подготовительных и заключительных операций (настройка прибора, забор раствора, промывка инструментов, запись результатов), либо их автоматизации.

3. Повышение точности замеров за счет исключения субъективных ошибок, вызванных человеческим фактором.

4. Возможность — при наличии преобразования измерительного сигнала в цифровую форму — регистрации во времени и хранения в памяти результатов замеров с их извлечением в любой требуемый момент.

5. Возможность расширения получаемой информации путем ее обработки по программе, установленной в микропроцессоре.

6. Возможность подключения аварийной звуковой либо световой сигнализации.

7. Возможность включения измерительного сигнала в системы автоматического управления процессом бурения.

Все устройства имеют следующие общие черты:

- измерительное устройство установлено на поворотном столе, вращающемся от электродвигателя, с частотой порядка нескольких оборотов в минуту;

- поворотный стол под воздействием имеющихся на нем кулачков при своем вращении размыкает линию питания пускового реле своего электродвигателя и обеспечивает его остановки

в таких позициях, как заполнение мерного устройства раствором; производство замера; очистка измерительных элементов от остатков раствора;

- реле времени (в виде синхронного электродвигателя и кулачкового диска на его валу) после выдержки заданного времени остановки своим кулачком через пусковое реле включает двигатель и возобновляет вращение стола;

- установка оснащена средствами для подвода измеряемого раствора, электроэнергии и воды, а также для отвода измерительного сигнала;

- сигнал в виде электрического напряжения подается на микросхему, где он аналого-цифровым преобразователем преобразуется в цифровую форму и после обработки по заданной программе на микропроцессоре подается на демонстрационное табло;

- значение измеряемого параметра сохраняется на табло до момента подачи следующего измерительного сигнала;

- результаты измерений по всем циклам сохраняются в памяти.

В соответствии с описанной методикой были разработаны конкретные схемы измерителей условной вязкости бурового раствора, его плотности, статического напряжения сдвига и фильтрации, защищенные патентами Республики Казахстан.

Ниже приводится схема устройства для измерения плотности бурового раствора (денситометра). Этот параметр играет основную роль при профилактике выбросов и фонтанов пластовых флюидов путем обеспечения необходимого для этого высокого гидростатического давления. С другой стороны, излишняя (с точки зрения предотвращения осложнений) плотность увеличивает затраты энергии бурового насоса на циркуляцию промывочной жидкости и ощутимо снижает скорость углубки, что ставит вопрос о гарантированной определенной точности измерений.

При поглощениях промывочной жидкости, гидростатическое давление должно быть возможно более низким, но при этом гарантировать не переход границы, когда могут начаться проявления пластовых жидкостей и связанные с ними осложнения вплоть до обвалов стенок скважин.

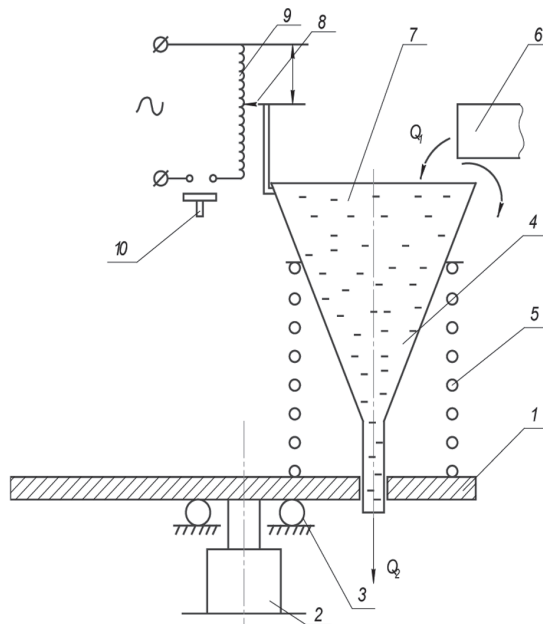
Сказанное подчеркивает необходимость непрерывного автоматического контроля плотности бурового раствора с обеспечением некоторой максимально допустимой ошибки измерения.

Для измерения плотности используется принцип, согласно которому плотность жидкости характеризуется весом ее мерного объема. В данном случае (см. рисунок) в качестве вместителя мерного объема раствора используется воронка 4 с выходом в виде насадки, смонтированная на калиброванной пружине 5, опи-

рающейся на поворотный стол 1. В качестве преобразователя деформации пружины в электрическое напряжение служит реостат 9, сигнал которого подается на микросхему для перевода результата измерения в выраженной в единицах плотности число, с его последующим выводом на табло и занесением в память.

Поворотный стол 1 через заданные реле времени периоды времени останавливается в двух позициях: I — позиция заполнения воронки раствором, совмещенная с позицией замера (показана на рисунке); II — позиция промывания воронки водой.

Допустим, что поворотный стол 1 стоит в позиции II, когда воронка 4 остановилась под трубкой, подающей воду. Вода, очищает воронку и ее насадку от остатков раствора. После истечения необходимого для промывки периода рас-



Устройство для автоматического измерения плотности бурового раствора. позиция I: 1 — поворотный стол; 2 — электродвигатель; 3 — подшипник; 4 — воронка; 5 — калиброванная пружина; 6 — канал подачи раствора 7 — раствор; 8 — подвижный контакт; 9 — реостат, 10 — нормально-разомкнутый контакт; U — напряжение на выходе реостата; Q и Q — расходы бурового раствора
 Device for automatic measurement of mud density. position I: 1 — rotary table; 2 — electric motor; 3 — bearing; 4 — funnel; 5 — calibrated spring; 6 — solution supply channel 7 — solution; 8 — moving contact; 9 — rheostat, 10 — normally open contact. U is the voltage at the output of the rheostat. Q and Q — drilling fluid costs

положенный на вращающемся диске реле времени кулачок подходит к нормально-разомкнутому контакту и, замыкая его, возбуждает пусковое реле электродвигателя 2, которое возобновляет вращение поворотного стола. При этом пусковое реле самоблокируется, что обеспечивает продолжение вращения стола и после схода кулачка реле времени с нормально разомкнутого контакта.

При достижении позиции I следующий кулачок поворотного стола замыкает линию питания пускового реле и устанавливает воронку 4 под трубкой 6, подающей из приемной емкости бурового насоса прошедший очистку раствор.

Наличие у воронки насадки с малым проходным диаметром гарантирует, что расход раствора, поступающего из трубки 6, заведомо превышает любой возможный расход раствора, вытекающего через штуцер. Поэтому уровень раствора 7 поднимается. Под действием возрастающего веса раствора воронка опускается, сжимая пружину 5 и перемещая движок 8 вниз по реостату 9. Наполнив воронку доверху, раствор стекает через ее край и попадет в поддон, из которого возвращается в циркуляционную систему.

После истечения срока, гарантирующего заполнение воронки, реле времени, замыкая подающий (через пусковое реле) напряжение на двигатель 2 контакт, одновременно замыкает нормально разомкнутый контакт 10, связывающий реостат с источником электропитания и микросхемой. На выходе реостата появляется измерительный сигнал — напряжение U , пропорциональное весу полностью загруженной раствором мерной воронки, т.е. пропорциональное плотности раствора.

Это напряжение поступает в аналого-цифровой преобразователь и, в конечном итоге, — на табло, где оно высвечивается в единицах плотности. Кроме того, значение плотности и соответствующее

время записываются в память. После схода кулачка реле времени с контакта 10 последний, размыкаясь, обесточивает линию питания реостата, но значение плотности сохраняется на табло до поступления результата следующего замера.

Между тем поворотный стол, продолжая вращение, снова подходит к позиции II «промывка», в которой останавливается. Измерительный цикл завершен, начинается следующий измерительный цикл.

Кроме помощи в решении упомянутых известных проблем, предлагаемый денситометр может иметь еще одну область его полезного применения, а именно способствовать профилактике зашламования ствола скважины.

Эта проблема возникает при прохождении легко буримых пород и связана с необходимостью полного выноса образующегося при этом большого количества продуктов разрушения. Для этого буровой насос должен обеспечить необходимую подачу промывочной жидкости, но производительность любого насоса всегда ограничена, и в соответствии с этим скорость углубки в подобных условиях должна быть ограничена.

В случае непринятия необходимых мер возникает риск тяжелых аварий, вызванных прихватом призабойной компоновки осевшим шламом. Это, как правило, происходит в моменты вынужденного прекращения циркуляции, например, при наращивании бурильной колонны. Такие прихваты связаны с полной потерей циркуляции жидкости и весьма трудно ликвидируются.

Возникает необходимость в критерии для решения вопроса о том, существует ли опасность подобных явлений. Этим критерием принято считать разность в плотностях очищенного нисходящего потока бурового раствора и содержащего шлам потока восходящего. В част-

ности, существует нормативное положение: при промывке водой допустимая разность плотностей не должна превышать 10 кг/м^3 , а для обладающих статическим напряжением сдвига буровых растворов, — 30 кг/м^3 [1–21].

Патент № 31786 от 30.12.16 на «Устройство для автоматического комплексного измерения плотности бурового раствора и содержания в нем шлама», которое базируется на вышеописанном автоматическом денситометре.

Для измерения содержания шлама количество занимаемых поворотным столом позиций, в которых он останавливается, удваивается. К позициям I и II, в которых соответственно производятся заполнение мерной воронки очищенным раствором с замером его плотности и очистка воронки от этого раствора, далее по ходу вращения добавляются позиции III и IV. В позиции III воронка останавливается под трубкой подачи зашламованного раствора из устья скважины и замеряет его плотность, в позиции IV снова промывается под второй подающей воду трубкой.

Будучи поданы в микросхему, аналоговые сигналы напряжения в обоих случаях подвергаются переводу в цифровую форму (как это описано выше), затем производится вычитание с получением значения содержания шлама в кг/м^3 . На табло это значение подается одновременно со значением плотности подаваемого на забой очищенного раствора.

Рассмотренный пример с денситометром демонстрирует приведенные выше по тексту преимущества 1–4 автоматизации измерения параметров бурового раствора, тогда как возможность измерения содержания шлама демонстрирует преимущество по пункту 5: «Возможность расширения получаемой информации путем ее обработки по программе, установленной в управляющем устройстве».

Выводы

1. Снижение потерь времени и средств на ликвидацию осложнений и аварий достигается путем автоматизации измерений параметров буровых растворов.

2. Автоматизация обеспечивает непрерывность мониторинга, его точность, и устраняет потребность в специальном персонале.

3. Путем цифровой обработки показаний обеспечивается их регистрация во времени, аварийная сигнализация и включение информации о растворе в общую схему автоматического управления процессом бурения.

4. Предложен общий метод автоматизации замеров параметров раствора с использованием поворотного стола и реле времени.

5. Автоматический измеритель плотности может сыграть важную роль в профилактике выбросов флюидов и поглощений промывочной жидкости.

6. Автоматизация замеров плотности осуществлена путем измерения веса содержащей раствор воронки, опирающейся на пружину, деформация которой переводится в электрический сигнал.

7. Важной характеристикой бурового раствора является содержание в его восходящем потоке шлама, оседание которого при высоких скоростях углубки угрожает прихватом забойной компоновки.

8. Показателем содержания шлама является разность плотностей восходящего и нисходящего потоков.

9. Для мониторинга содержания шлама, наряду с двумя позициями, относящимися к нисходящему потоку, стол денситометра проходит аналогичные две позиции, относящиеся к раствору восходящему.

10. Полученные два сигнала после перевода в цифровую форму вычитаются, и результат подается на табло вместе с плотностью очищенного раствора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Georg R.Gray, H.C.H. Darly. Composition and properties of oil well drilling fluids. Gulf publishing company. Huston, London, Paris, Tokio, Moskow, 1985, pp. 53–54, 97–100.
2. Bilezkiy M.T and others. An appliance for drilling mud density measurement. Kazakhstan Republic patent № 25681 of 16.06.2014.
3. Pustovoitenko I. P., Selivashchuk A. P. The hand book of master on complex drilling operations. Moskow, Nedra, 1983.
4. Bilezkiy M.T. and others. An appliance for automatic integrated drilling mud density and cuttings content measurement. Kazakhstan Republic patent № 31786 of 30.12.2016.
5. Справочник бурового мастера. Т. 1. — М.: Инфра Инженерия, 2006. — С. 358–418.
6. Спелт А. и др. Система мониторинга раствора в реальном времени повышает эффективность бурения / 13-я Оффшорная средиземноморская конференция. Равенна, март 2017.
7. Далем А. Автоматическое регулирование параметров бурового раствора. Диссертация. Ставанджерский университет, 2013.
8. Мулинс М. Р. Автоматическое устройство для измерения свойств раствора в бурящихся шахтах. Университет Южной Флориды. Диссертация, 2016.
9. Саасен А. и др. Автоматическое измерение свойств буровых флюидов и шлама. SPE Бурение и заканчивание скважин. Декабрь 2009.
10. Карлсен Л. и др. Использование оборудованного приборами стояка для мониторинга динамики бурового раствора с целью улучшения автоматизированных операций в бурении / Работы 12-го семинара по автоматическому управлению оффшорной добычи нефти и газа. Торнхейм, июнь 2012.
11. Исакович Р. Я. и др. Контроль и автоматизация добычи нефти и газа. — М.: Недра, 1985. — С. 269–270.
12. Sudakov A. K., Khomenko O. Ye., Isakova M. L., Sudakova D. A. Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by the rmoplastic materials // Scientific bulletin of National Mining University, 2016, no 5 (155), pp. 12–16.
13. Отебаев М., Касенов А. К., Ратов Б. Т. К вопросу о целесообразности бурения разведочных скважин ударно-вращательным способом // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2009. — № 4. — С. 166–171.
14. Сабиров Б. Ф., Онишин В. П., Поташинский И. М., Ратов Б. Т. Буровой инструмент для забурирования нефтегазовых скважин в сложных геологических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 4. — С. 76–83.
15. Rakishev B. R., Shashenko A. N., Kovrov A. S. Trends of the rock failure conceptions development // News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2018, Vol. 5, No. 431, PP. 161–169. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.46>.
16. Wills B. A., Finch J. Wills. Mineral Processing Technology. An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery. 2015. Edition 8. p. 512.
17. Krylov I. O., Valavin V. S. Effects of ultrasonic treatment of old tailings at the Kamysh-Burun Iron Ore Plant // Ekologiya i promyshlennost Rossii. 2018. Vol. 22. No. 2. pp. 13–19.
18. Rovin S. L., Rovin L. E. Processing of iron-bearing mining waste // Litie i metally. 2015. No 4(81). pp. 67–70.
19. Povolotsky A. D., Povolotsky V. D., Potapov K. O., Roshchin V. E., Shestakov A. L., Rozovsky A. L. Method for processing iron-bearing waste. Patent RF, No. RU 2 539 884 s1. Published: 21.07.2015. Bulletin No. 3.
20. Bortnikov A. V., Samukov A. D., Spiridonov P. A., Shuloyakov A. D. Batch preparation technology for mineral cotton production based on the use of mineral processing waste // Obogashchenie Rud. 2015. No. 3. pp. 45–49. DOI: 10.17580/or.2015.03.09.
21. Yushina T. I., Krylov I. O., Valavin V. S., Sysa P. A. Producibility of iron-bearing materials from industrial waste of Kamysh-Burun Iron Ore Plant using Romelt process // Gornyi Zhurnal. 2017. No. 6. pp. 53–57. DOI: 10.17580/gzh.2017.06.10. **ГИАБ**

REFERENCES

1. Georg R.Gray, H.C.H. Darly. *Composition and properties of oil well drilling fluids*. Gulf publishing company. Huston, London, Paris, Tokio, Moscow, 1985, pp. 53–54, 97–100.
2. Bilezkiy M.T and others. An appliance for drilling mud density measurement. *Kazakhstan Republic patent 25681*, 16.06.2014.
3. Pustovoitenko I.P., Selivashchuk A.P. *The hand book of master on complex drilling operations*. Moscow, Nedra, 1983.
4. Bilezkiy M.T., etc. An appliance for automatic integrated drilling mud density and cuttings content measurement. *Kazakhstan Republic patent 31786*, 30.12.2016.
5. *Spravochnik burovogo mastera*. T. 1 [Drill operator's manual. Vol. 1], Moscow, Infra Inzheneriya, 2006, pp. 358–418.
6. Spelt A., etc. Real-time mud monitoring improves drilling efficiency. The 13th Offshore Mediterranean Conference. *13-ya Offshornaya sredizemnomorskaya konferentsiya*. Ravenna, March 2017.
7. Dalem A. *Avtomaticheskoe regulirovanie parametrov burovogo rastvora* [Automatic adjustment of drilling mud parameters], Thesis. Stavanger University, 2013.
8. Mullins M.R. *Avtomaticheskoe ustroystvo dlya izmereniya svoystv rastvora v buryashchikh-sya shakhtakh* [Automation device for measurement of mud properties in drilling]. Thesis. University of South Florida, 2016.
9. Saasen A., etc. Automatic measurement of properties of drill mud and solids. *SPE Burenie i zakanchivanie skvazhin*. December 2009.
10. Karlsen L., etc. Use of instrumented down gate for drill mud dynamics monitoring to improve performance of automated operations in drilling. *Raboty 12-go seminara po avtomaticheskomu upravleniyu offshornoy dobychi nefi i gaza*. Trondheim, June 2012. [In Russ].
11. Isakov R.Ya., etc. *Kontrol' i avtomatizatsiya dobychi nefi i gaza* [Automation and control in oil and gas production], Moscow, Nedra, 1985, pp. 269–270.
12. Sudakov A.K., Khomenko O.Ye., Isakova M.L., Sudakova D.A. Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by the rmoelastic materials. *Scientific bulletin of National Mining University*, 2016, no 5 (155), pp. 12–16.
13. Otebaev M., Kasenov A.K., Ratov B.T. Expediency of exploration drilling by rotary-percussion technique. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2009, no 4, pp. 166–171. [In Russ].
14. Sabirov B.F., Onishchin V.P., Potashinskiy I.M., Ratov B.T. Drilling tool for spudding-in of oil and gas wells in difficult ground conditions. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2016, no 4, pp. 76–83. [In Russ].
15. Rakishev B.R., Shashenko A.N., Kovrov A.S. Trends of the rock failure conceptions development. *News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. 2018, Vol. 5, No. 431, PP. 161–169. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.46>.
16. Wills B.A., Finch J. Wills. *Mineral Processing Technology. An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery*. 2015. Edition 8. p. 512.
17. Krylov I.O., Valavin V.S. Effects of ultrasonic treatment of old tailings at the Kamysh-Burun Iron Ore Plant. *Ekologiya i promyshlennost Rossii*. 2018. Vol. 22. No. 2. pp. 13–19.
18. Rovin S.L., Rovin L.E. Processing of iron-bearing mining waste. *Litie i metally*. 2015. No 4(81). pp. 67–70.
19. Povolotsky A.D., Povolotsky V.D., Potapov K.O., Roshchin V.E., Shestakov A.L., Rozovsky A.L. *Patent RU 2 539 884 s1*. Method for processing iron-bearing waste. 21.07.2015.
20. Bortnikov A.V., Samukov A.D., Spiridonov P.A., Shuloyakov A.D. Batch preparation technology for mineral cotton production based on the use of mineral processing waste. *Obogashchenie Rud*. 2015. No. 3. pp. 45–49. DOI: 10.17580/or.2015.03.09.
21. Yushina T.I., Krylov I.O., Valavin V.S., Sysa P.A. Producibility of iron-bearing materials from industrial waste of Kamysh-Burun Iron Ore Plant using Romelt process. *Gornyi Zhurnal*. 2017. No. 6. pp. 53–57. DOI: 10.17580/gzh.2017.06.10.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Билецкий Мариан Теодорович*¹ — канд. техн. наук, доцент,
Ратов Боранбай Товбасарович — д-р техн. наук, профессор,
e-mail: ratov69@mail.ru,
Каспийский общественный университет (Каспийский университет), Казахстан,
*Деликешова Динара*¹ — докторант,
¹ Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, Казахстан.
Для контактов: Ратов Б.Т., e-mail: ratov69@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*M.T. Biletskiy*¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,
B.T. Ratov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, e-mail: ratov69@mail.ru,
Caspian Public University (Caspian University), Almaty, Kazakhstan,
D. Delikesheva, Doctoral Candidate,
¹ K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University,
050013, Almaty, Kazakhstan.
Corresponding author: B.T. Ratov, e-mail: ratov69@mail.ru.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ ПТВС В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

(№ 1195/07—19 от 27.05.2019; 5 с.)

*Пичуев Александр Вадимович*¹ — канд. техн. наук, доцент,
*Дьячков И.Б.*¹ — магистрант,
¹ МГИ НИТУ «МИСиС».

Приведены результаты статистического анализа энергетических потоков, определяющих энергоэффективность работы предприятия тепло- водоснабжения в специфических условиях Крайнего Севера. Определены энерготехнологические профили основных энергетических потоков, характеризующих энергоэффективность потребления электроэнергии и генерирования тепла в систему отопления и систему горячего водоснабжения. Установлены неоднозначные данные по устойчивой работе предприятия тепло- водоснабжения в течение года. Рекомендуется применение кластерного анализа при определении устойчивых уровней электропотребления для более полной оценки энергоэффективности.

Ключевые слова: электроснабжение, система отопления, система горячего водоснабжения, энергоэффективность.

RESEARCH AND ANALYSIS OF ENERGY PROFILES OF PTVS IN THE FAR NORTH

*A.V. Pichuev*¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,
*I.B. Dyachkov*¹, Master's Degree Student,
¹ Mining Institute, National University of Science and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia.

The results of statistical analysis of energy flows that determine the energy efficiency of the heat and water supply enterprise in the specific conditions of the Far North are presented. The energy technological profiles of the main energy flows characterizing energy efficiency of electricity consumption and heat generation in the heating system and hot water supply system are determined. Ambiguous data on stable operation of the heat and water supply enterprise during the year are established. It is recommended to use cluster analysis in determining sustainable levels of power consumption for a more complete assessment of energy efficiency.

Key words: power supply, heating system, hot water supply system, energy efficiency.