

Тимашев А. Р. Дронов А. А.,
Ямалиев В. У.

Уфимский государственный
нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация

A. R. Timashev, A. A. Dronov,
V. U. Yamaliyev

Ufa State Petroleum Technological
University, Ufa,
the Russian Federation

В статье рассматриваются конструкции скважинных расширителей с целью определения существующих проблем при их эксплуатации. Произведена классификация скважинных расширителей, определены их достоинства и недостатки. Выявлено, что наибольшее применения в бурении нашли гидромеханические раздвижные скважинные расширители. Произведен анализ статистики отказов по элементам расширителей толкательного типа. Выявлено, что основными актуальными вопросами являются:

- невозврат лопастей в транспортное положение при прекращении подачи промывочной жидкости;
- повышенный износ элементов расширителей под действием поперечных и осевых вибраций;
- определение работоспособности скважинных раздвижных расширителей в процессе их эксплуатации на основании вероятностно-статических методов;
- регулирование осевой нагрузки на расширитель;
- проблема аварийного возврата лопастей толкательных расширителей в случае прихвата;
- исследование силовых факторов, возникающих в механизме выдвижения лопастей.

Well reamer designs are discussed in this article to identify the existing problems in their operation. Well reamer classification was made, their advantages and shortcomings were defined. It was revealed that hydromechanical sliding well reamers found the most application in drilling. The statistics analyses of the failures of the pusher-type reamer elements was made. It was revealed that the main actual problems are:

- Failure to return the blades to the transport position at the flushing fluid termination;
- An increased wear of the reamer elements under the influence of the transverse and axial vibration;
- Definition of the well reamer extenders performance in the process of their operation on the basis of the probability – static methods;
- An axial load regulation on the reamer;
- Emergency return of the pusher reamer blades in case of their capture;
- Study of the forcing factors arising in the mechanism of blades movement.

Ключевые слова: классификация, статистика отказов, невозврат лопастей, вибрация.

Key words: classification, statistics of failures, failure to return the blades, vibration.

В настоящее время операция по расширению ствола скважины в развитии техники и технологии бурения является одной из ключевых, она применяется при проведении ремонтно-изоляционных работ, укреплении ствола скважины в зоне неустойчивых горных пород, добычи метана из угольных пластов, создании хранилищ газа, наработке специальной формы уступа для дальнейшего бурения наклонно-направленного ствола скважины. Стоит сказать, что в последнее время активно уделяется внимание вопросам расширения пробуренного наклонно-направленного ствола скважины с целью повышения коэффициента извлечения углеводородного сырья, установки специального скважинного оборудования. При традиционном способе увеличение диаметра наклонно-направленного ствола скважины достигается применением эксцентричных буровых долот. Как показала практика, при работе данного

инструмента наблюдается значительная вибрация, ускоряющая выход из строя КНБК, геофизических приборов, также при проведении кавернометрии наблюдалась не концентричная форма ствола скважины, что в итоге является следствием некачественной операции расширения ствола скважины. Необходимо сказать, что при использовании эксцентричных буровых долот наблюдалось уменьшение зенитного угла из-за особенностей конструкции долота [1]. На сегодняшний день ведущие нефтяные компании мира стараются определить наиболее оптимальный вариант КНБК при выполнении операций по расширению наклонно-направленного ствола скважины, учесть все недостатки эксцентричных буровых долот. Поэтому вопросы исследования вибраций [2], возникающих в процессе работы различных КНБК при расширении ствола скважины являются весьма актуальными.

Если говорить о применяемом инструменте для расширения ствола скважины, то можно выделить несколько направлений, характеризующихся своим типом конструкции.

Первое направление относится к расширителям с постоянным наружным диаметром, данный инстру-

мент может быть использован при бурении от устья скважины. Второе направление относится к инструменту, которой производит расширение при условии опоры на забой скважины, речь идет об эксцентричных буровых долотах. И наконец, третье направление, подразумевает собой раздвижные расширители. Ниже, на рисунке 1, приведена и описана классификация существующих скважинных расширителей.

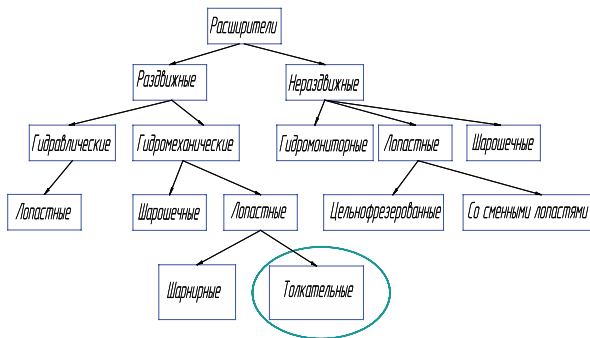


Рисунок 1. Классификация скважинных расширителей

Нераздвижные лопастные расширители предназначены для совместного бурения скважин с пилот-долотом, а также для расширения ствола скважины от устья. В настоящее время известна конструкция состоящая из корпуса со сменными лопастями, зафиксированными пальцами и конструкция из цельнофрезерованного корпуса. В обоих случаях вооружение представлено большим количеством поликристаллических алмазных резцов. К достоинствам данных расширителей можно отнести простоту конструкции, высокую механическую скорость, возможность работы в твердых породах. Недостаток инструмента данного типа обусловлен его нераздвижной конструкцией, позволяющей производить расширение ствола скважины только от устья. Среди лидирующих предприятий, производящих нераздвижные лопастные расширители, стоит отметить ООО НПП «БУРИНТЕХ», ОАО НПП «Бурсервис», «HALLIBURTON», «WEATHERFORD» [3-5].

Нераздвижные шарошечные расширители [6] применяются при бурении скважин под кондуктор. Вооружение расширителей данного типа в большинстве случаев имеет конструкцию с фрезерованными зубьями, предназначенное для работы в мягких породах. Недостатками данных расширителей являются сложность и дороговизна изготовления, расширение скважины от устья.

Другим направлением в проектировании нераздвижных расширителей являются конструкции гидромониторного типа, разрушение горных пород в данном случае происходит за счет энергии жидкости, истекающей из насадок с высокой скоростью [7]. Достоинствами данных расширите-

лей являются простота конструкции, высокая надежность. Недостатком является работа исключительно в мягких породах (сланцы, мергель, глины). Как показала практика, широкого применения расширители данного типа не нашли.

В большинстве операций по увеличению диаметра ствола скважины применяют раздвижные гидравлические и гидромеханические расширители. Достоинством конструкций обоих типов является возможность работы в любом интервале ствола скважины. Расширение ствола скважины на проектной глубине производится для формирования кармана под потайную колонну, хвостовик, при проведении ремонтно-изоляционных работах.

В гидравлических раздвижных расширителях выдвигание лопастей в рабочее положение осуществляется энергией потока жидкости. Вооружение в подавляющем большинстве случаев представлено поликристаллическими и твердосплавными резцами. К недостаткам расширителей данного типа следует отнести неравномерное выдвигание рабочих лопастей по причине скачков давления в бурильной колонне, что в конечном итоге приводит к неравномерности диаметра расширения по глубине ствола скважины. Следует отметить расширители описанного принципа работы [8,9].

В отличие от гидравлических раздвижных расширителей в гидромеханических раздвижных расширителях выдвигание лопастей в рабочее положение осуществляется энергией потока жидкости через кинематические механизмы. Гидромеханические раздвижные расширители делятся на две основные группы: шарошечные и лопастные.

Вооружение раздвижных шарошечных расширителей представлено шарошками, оснащенных твердосплавными вставками, либо имеющих цельнофрезерованную конструкцию с нанесением наплавочного слоя. Как показывает практика, расширители шарошечного типа нашли повсеместное применение в бурении из-за их высокой механической скорости проходки, возможности работы в твердых породах и безотказности [10]. К недостаткам шарошечных расширителей относятся: сложность конструкции, высокая стоимость изготовления, работа с низкими показателями плотности бурового раствора.

Главенствующие позиции среди расширителей, как по типам конструкции, так и по области применения занимают гидромеханические лопастные расширители. В свою очередь, данные расширители делятся на две подгруппы: шарнирные и толкательные.

Механизм выдвигания лопастей у шарнирных расширителей представлен тягами и осями [11]. Преимуществами расширителей такого типа

является возможность работы при высокой вязкости бурового раствора, работа в твердых горных породах, совместная работа с пилот-долотом. Среди недостатков можно выделить небольшой коэффициент расширения.

Принцип работы толкательных расширителей основан на выдвигении лопастей в рабочее положение под действием осевого перемещения толкателя, который в свою очередь приводится в действие за счет перепада давления жидкости, создаваемого разностью диаметров поршня и втулки [12]. Расширители данного типа нашли свое применение во всех операциях по расширению ствола скважины, включая формирование специального уступа для дальнейшего отклонения от оси ствола скважины при строительстве наклонно-направленной скважины. Достоинствами вышеупомянутых расширителей являются высокая механическая скорость проходки, простота конструкции, работа в твердых породах. На основании отработки раздвижных расширителей толкательного типа производства ООО НПП «БУРИНТЕХ» стоит сказать, что количество операций расширения за последние 2 года значительно выросло. Однако, тенденция расширенных скважин с наличием аварийных ситуаций сохраняется.

В настоящее время остается нерешенной задача аварийного возврата лопастей при засорении шламом выбуренной породы внутренних полостей расширителя. Также следует отметить проблему расширителей данного типа, связанную с выгибанием и, в конечном счете, сломом пальцев фиксирующих лопасти. Ниже, на рисунках 2 и 3, представлена статистика отказов по элементам толкательных расширителей за 2012 и 2014 гг.

Как видно из рисунков 2 и 3, за период с 2012 по 2014 гг. наблюдается положительная динамика в уменьшении аварийности, связанной с разрывом деталей расширителей. С другой стороны, часть вопросов, связанных с кинематикой механизмов расширителя все же не разрешена, и уровень

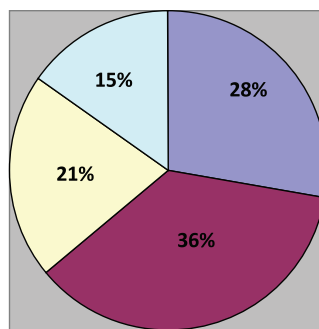


Рисунок 2. Распределение отказов по элементам раздвижных толкательных расширителей за 2012 год

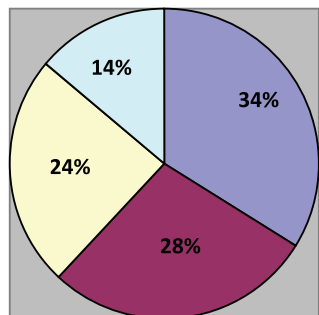


Рисунок 3. Распределение отказов по элементам раздвижных толкательных расширителей за 2014 год

аварийности по этим элементам сохраняется, а в некоторых случаях носит отрицательный характер. Также из рисунков 2 и 3 видно, что при эксплуатации рассматриваемых расширителей нередки случаи засорения шламом выбуренной породы подлопастного пространства, которые приводят к отказу инструмента, а именно к не складыванию рабочих лопастей в транспортное положение при прекращении работы бурового насоса. Следует отметить, что невозврат лопастей является серьезной аварийной ситуацией, возникаемой в процессе операции расширения, поскольку произвести подъем инструмента без слома рабочих органов больших значений затяжек, не представляется возможным. Данная проблема носит в себе ряд причин, которые требуют тщательного изучения.

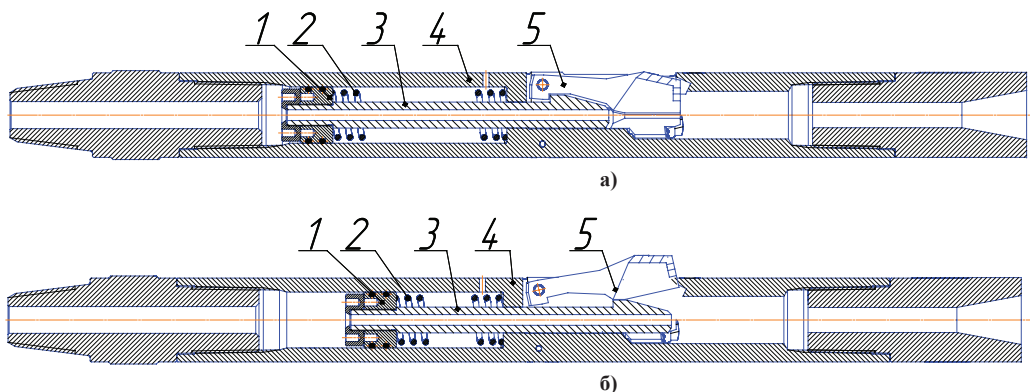


Рисунок 4. Принципиальная схема рабочих органов расширителей толкательного типа: а) транспортное положение; б) рабочее положение; 1 – поршень; 2 – пружина сжатия; 3 – толкатель; 4 – корпус; 5 – лопасть



На рисунке 4 изображена принципиальная схема устройства расширителей толкательного типа (производства ООО «Нефтепромцентр») [13]. Несложно заметить, что одной из основных причин нескладывания рабочих лопастей расширителя является засорение шламом выбуренной породы подлопастного пространства. Шламование внутренних полостей расширителей рассматриваемого типа обусловлено их конструкцией, а именно наличием сообщающихся каналов подлопастного пространства с зашламованным пространством вне корпуса 4 расширителя (на рисунке 4 не показано). В исправном состоянии пружина сжатия 2 возвращает толкатель 3 при прекращении подачи промывочной жидкости в транспортное положение (рисунок 4,а), в аварийной ситуации усилие пружины сжатия 2 недостаточно для возврата толкателя 3 в исходное положение по причине наличия твердых частиц в полости между лопастями 5 и толкателем 3.

Стоит отметить, что проблема невозврата лопастей в транспортное положение помимо засорения шламом внутренних полостей имеет и другие причины. При отказе работы пружины 2 (слом, недостаточное рабочее усилие), рабочие лопасти 5 по той же причине описанной выше не могут вернуться в транспортное положение. Таким образом, на сегодняшний день актуальными задачами являются исследование сил, возникающих в механизме выдвигания лопастей, разработка конструкций толкательных расширителей, обеспечивающих возврат лопастей в транспортное положение при возникновении аварийной ситуации.

Другой немаловажной проблемой при работе скважинных раздвижных расширителей является наличие поперечных, осевых вибраций. Вибрация негативно сказывается на элементы скважинных расширителей, а именно: износ посадочных мест рабочих лопастей, выгибание фиксирующих лопасти пальцев, преждевременный износ вооружения. Существует множество методов регулирования осевой нагрузки на долото [14,15]. Опыт применения данных способов при работе скважинных раздвижных расширителей неизвестен. Также стоит отметить важность вопроса определения работоспособности скважинных расширителей в процессе их эксплуатации, в особенности на основании вероятностно-статических методов, что несомненно должно учитываться и при конструировании данного оборудования [16,17,18].

Выводы

В результате проведенного анализа конструкций скважинных расширителей можно сделать следующие выводы:

- рассмотрена классификация существующих расширителей, выделены их достоинства и недостатки;
- вибрация негативно сказывается на все виды скважинных расширителей;
- остается открытой проблема аварийного возврата лопастей толкательных расширителей в случае прихвата;
- актуальна задача исследования силовых факторов, возникающих в механизме выдвигания лопастей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Применение расширителей концентрического типа для увеличения диаметра боковых стволов и стволов малого диаметра URL:<http://glavteh.ru/files/IP9-SMITH.pdf> (дата обращения: 13.10.2015).
- 2 Тимашев А. Р. Долото лопастное спиральное: сб. материалов 64-й науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ, 2013. С. 196.
- 3 Каталог ООО НПП «БУРИНТЕХ», 2015. С. 45; каталог ОАО НПП «Бурсервис», С. 33.
- 4 Расширитель лопастной / А. А. Дронов, А. В. Лозуков, А. Г. Балута: Пат. №144482 РФ, E21B10/26. 2014111488/03. Заявл. 25.03.2014.
- 5 Каталог « HALLIBURTON», 2015. С.56.
- 6 Каталог АО «ВОЛГАБУРМАШ», С. 40.
- 7 Расширитель / А. М. Чувилин, А. В. Кононов, А. Н. Панкратенко, Ю. М. Кочнов, Н. М. Панин: Пат. №2487984 РФ, E21B10/26. 2012112141/03. Заявл. 30.03.2012.
- 8 Расширитель ствола скважины / Р. Р. Ибатуллин, Ф. Ф. Ахмадишин, Н. Х. Хамитьянов, Г. С. Абдрахманов, Д. В. Максимов, Н. Н. Вильданов, В. П. Филиппов, А. В. Кишин: Пат. №2550614 РФ, E21B7/28, E21B17/10, E21B10/32. 2014112857/03. Заявл. 02.04.2014.
- 9 Раздвижной расширитель для расширения скважин и способ расширения скважины / С. Р. Редфорд, С. С. Шу, Л. Т. Шейл, М. Э. Моррис, М. Р. Киззиар, А. Ф. Захрадник: Пат. №2462577 РФ, E21B7/28, E21B10/32. 2009125440/03, Заявл. 03.12.2007.
- 10 Расширитель скважин / Ф. Ф. Ахмадишин К. В. Мелинг, А. Л. Насыров, Р. Я. Хабибуллин, Д. В. Максимов, В. К. Мелинг: Пат. №2485274 РФ E21B7/28. 2011154377/03, Заявл. 29.12.2011.
- 11 Расширитель скважин / Ф. Ф. Ахмадишин, Н. Х. Хамитьянов, Г. С. Абдрахманов, В. Б. Оснос, Н. Н. Вильданов, В. П. Филиппов, А. В. Кишин: Пат. №70921 РФ, E21B7/28. 2007137037/22, Заявл. 05.10.2007.
- 12 Расширитель скважины раздвижной / А. А. Саломатин, Д. С. Игнатъев, Г. Г. Ишбаев, Р. Ф. Ташбулатов, А. Г. Балута: Пат. №2318975 РФ, E21B7/28. 2007104880/03, Заявл. 08.02.2007.
- 13 URL:http://www.neftpromcentr.ru/frezer_razdvizhoj_gidravlicheskiy_fr_rtg_gr.htm
- 14 Демпфер продольных колебаний / И. Е. Ишемгузин, Э. Ш. Имаева, А. В. Лягов, Е. И. Ишемгузин, В. У. Ямалиев: Пат. №2185493 РФ. Заявл. 25.05.2001.
- 15 Способ регулирования оптимальной осевой нагрузки на долото при бурении скважин / И. Е. Ишемгузин, В. У. Ямалиев, В. В. Пашинский, Е. И. Ишемгузин, М. Н. Козлов, С. В. Назаров, Э. М. Галеев, А. В. Лягов: Пат. №2124125.
- 16 Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента/

А. Х. Мирзаджанзаде, В. У. Ямалиев, М. М. Хасанов, Е. И. Ишемгузин, Э. М. Галеев, Р. Н. Якупов, Э. Ш. Имаева: Пат. №2182659 Заявл.19.03.2001.

17 Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента / А. Х. Мирзаджанзаде, В. У. Ямалиев, М. М. Хасанов, Е. И. Ишемгузин, И. Е. Ишемгузин: Пат. №2183266. Заявл. 27.09.2000.

18 Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента/ В. У. Ямалиев, М. М. Хасанов, В. У. Якупов, Е. И. Ишемгузин, И. Р. Кузеев, Д. С. Солодовников: Пат. №2188939 Заявл.25.05.2001.

REFERENCES

1 Primenenie rasshiritelei koncentricheskogo tipa dlya uvelicheniya diametra bokovyh stvolov i stvolov malogo diametra URL:<http://glavteh.ru/files/IP9-SMITH.pdf> (data obrasheniya: 13.10.2015). [in Russian].

2 Timashev A. R. Doloto lopastnoe spiral'noe: sb. materialov 64-i

nauch.-tehn. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenykh UGNTU, 2013. S.196. [in Russian].

3 Katalog OOO NPP «BURINTEH», 2015. S. 45; katalog OAO NPP «Burservis», S. 33. [in Russian].

4 Rasshiritel' lopastnoi/ A. A. Dronov, A. V. Lozukov, A. G. Baluta: Pat. №144482 RF, E21V10/26. 2014111488/03. Zayavl. 25.03.2014. [in Russian].

5 Katalog « HALLIBURTON», 2015. S.56. [in Russian].

6 Katalog AO «VOLGABURMASH», S. 40. [in Russian].

7 Rasshiritel' / A. M. Chuvilin, A. V. Kononov, A. N. Pankratenko, Yu. M. Kochnov, N. M. Panin: Pat. № 2487984 RF, E21B10/26. 2012112141/03. Zayavl. 30.03.2012. [in Russian].

8 Rasshiritel' stvola skvazhiny / R.R. Ibatullin, F. F. Ahmadishin, N. H. Hamityanov, G. S. Abdrahmanov, D. V. Maksimov, N. N. Vil'danov, V. P. Filippov, A. V. Kirshin: Pat. №2550614 RF, E21B7/28, E21B17/10, E21B10/32. 2014 112857/03. Zayavl. 02.04.2014. [in Russian].

9 Razdvizhnoi rasshiritel' dlya rasshireniya skvazhin i sposob rasshireniya skvazhiny/ S. R. Redford, S. S. Shu, L. T. Sheil, M. E. Morris, M. R. Kizziar, A. F. Zahradnik : Pat. №2462577 RF, E21B7/28, E21B10/32 2009125440/03, Zayavl. 03.12.2007. [in Russian].

10 Rasshiritel' skvazhin / F. F. Ahmadishin K. V. Meling, A. L. Nasyrov, R. Ya. Habibullin, D. V. Maksimov, V. K. Meling: Pat. №2485274 RFE21B7/28. 2011154377/03, Zayavl. 29.12.2011. [in Russian].

11 Rasshiritel' skvazhin / F. F. Ahmadishin, N. H. Hamityanov, G. S. Abdrahmanov, V. B. Osnos, N.N. Vil'danov, V. P. Filippov, A. V. Kirshin: Pat. № 70921 RF, E21B7/28. 2007137037/22, Zayavl. 05.10.2007. [in Russian].

12 Rasshiritel' skvazhiny razdvizhnoi /A. A. Salomatin, D. S. Ignat'ev, G. G. Ishbaev, R. F. Tashbulatov, A. G. Baluta: Pat. № 2318975 RF, E21B7/28. 2007104880/03, Zayavl. 08.02.2007. [in Russian].

13 URL:http://www.neftepromcentr.ru/frezer_razdvizhoj_gidravlicheskiy_fr_rrg_rr.htm

14 Dempfer prodol'nyh kolebanii / I. E. Ishemguzhin, E. Sh. Imaeva, A. V. Lyagov, E. I. Ishemguzhin, V. U. Yamaliev: Pat. № 2185493 RF. Zayavl. 25.05.2001. [in Russian].

15 Sposob regulirovaniya optimal'noi osevoi nagruzki na doloto pri bureanii skvazhin / I. E. Ishemguzhin, V. U. Yamaliev, V. V. Pashinskii, E. I. Ishemguzhin, M. N. Kozlov, S. V. Nazarov, E. M. Galeev, A. V. Lyagov: Pat. №2124125. [in Russian].

16 Sposob opredeleniya rabotosposobnosti porodorazrushayushogo instrumenta/ A. H. Mirzadzhanzade, V. U. Yamaliev, M. M. Hasanov, E. I. Ishemguzhin, E. M. Galeev, R. N. Yakupov, E. Sh. Imaeva: Pat. № 2182659 Zayavl.19.03.2001. [in Russian].

17 Sposob opredeleniya rabotosposobnosti porodorazrushayushogo instrumenta/ A. H. Mirzadzhanzade, V. U. Yamaliev, M. M. Hasanov, E. I. Ishemguzhin, I. E. Ishemguzhin: Pat. №2183266. Zayavl. 27.09.2000. [in Russian].

18 Sposob opredeleniya rabotosposobnosti porodorazrushayushogo instrumenta/ V. U. Yamaliev, M. M. Hasanov, V. U. Yakupov, E. I. Ishemguzhin, I. R. Kuzeev, D. S. Solodovnikov: Pat. №2188939 Zayavl.25.05.2001. [in Russian].

Тимашев А. Р., аспирант кафедры «Технологические машины и оборудование», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A. R. Timashev, Post-graduate Student of the Chair «Technological Machinery and Equipment», USPTU, Ufa, the Russian Federation e-mail: dred.artur@mail.ru

Дронов А. А., аспирант кафедры «Технологические машины и оборудование», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A. A. Dronov, Post-graduate Student of the Chair «Technological Machinery and Equipment», USPTU, Ufa, the Russian Federation e-mail: ars_dronov@mail.ru

Ямалиев В. У., д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

V. U. Yamaliev, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair «Technological Machinery and Equipment», USPTU, Ufa, the Russian Federation