



УДК 521

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАБОЙНОГО КОРРЕКТОРА ПОДАЧИ-ДЕМПФЕРА ПРИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ

THE USE OF DOWNHOLE CORRECTOR FEED-DAMPER NON-UNIFORMITY OF THE TRANSMISSION OF AXIAL LOAD

Саломатов Владислав Андреевич

магистрант,
Тюменский Индустриальный Университет
Vladhockey@yandex.ru

Захаров Александр Дмитриевич

магистрант,
Тюменский Индустриальный Университет

Паникаровский Евгений Валентинович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Тюменский Индустриальный Университет

Аннотация. В данной работе рассмотрена такая проблема, как неравномерная передача осевой нагрузки при бурении наклонно-направленных скважин и скважин с горизонтальным окончанием. Приведены устройства, направленные на борьбу с данной проблемой, а так же проанализированы сильные и слабые стороны корректора подачи-демпфера.

Ключевые слова: скважина, осевая нагрузка, устройство, корректор подачи-демпфер.

Salomatov Vladislav Andreyevich

Undergraduate,
Industrial University of Tyumen
Vladhockey@yandex.ru

Zaharov Aleksandr Dmitryevich

Undergraduate,
Industrial University of Tyumen

Panikarovskiy Evgeniy Valentinovich

Candidate of technical Sciences,
Associate Professor of
the chair «Drilling oil and gas wells»
Industrial University of Tyumen

Annotation. In this paper, we consider such a problem as uneven transmission of axial load when drilling directional wells and wells with a horizontal end. The devices aimed at combating this problem, as well as the strengths and weaknesses of the flow corrector-damper are analyzed.

Keywords: well, axial load, device, feed corrector-damper.

1 Анализ проблем бурения наклонно направленных скважин

В настоящее время большинство пробуренных скважин, на нефть и газ, являются наклонно-направленными. Наклонно-направленные скважины – это скважины имеющие отклонение по вертикали в заданном направлении.

Данный вид значительно повышает дебит скважин и нефтеотдачу пластов. Так же бурение таких скважин может вестись в заболоченных местах, акваториях и других пересеченных рельефом местностях.

В практике наклонно-направленные скважины по типу профиля делятся на 4 категории, в зависимости от величины радиуса кривизны.

– скважины с большим радиусом кривизны (интенсивность до 2 град / 10 м), бурится большинство наклонно направленных скважин в Западной Сибири;

– скважины со средним радиусом кривизны (интенсивность до 6 град / 10 м), бурятся скважины с горизонтальными участками Западными фирмами;

– скважины с малым радиусом кривизны. Основное преимущество такого типа профиля – точный подход скважины к выбранному объекту эксплуатации. При этом низкая механическая скорость бурения, отсутствует серийная забойная аппаратура для контроля за положением ствола скважины, и сравнительно невелика длина горизонтального участка;

– скважины со сверхмалым радиусом кривизны. Для получения сверхмалых радиусов кривизны (от нескольких сантиметров до 0,6 м) используются высоконапорные струи воды, с помощью которых создаются стволы диаметром 40–70 мм. Этот метод пока применяют только в экспериментальных целях.

Однако, несмотря на большой опыт строительства наклонно направленных скважин бурение таких профилей сопровождается рядом трудностей, одними из которых являются большие силы трения, которые способствуют неравномерности передачи осевой нагрузки на забой скважины. Это в свою очередь ведет к ухудшению технико-экономических показателей проходки скважины.

2 Анализ влияния сил трения на процесс бурения

Боковые силы, возникающие при изгибе бурильных труб в искривленных участках скважины и вес КНБК в наклонном или горизонтальном интервале бурения, порождают силы трения, препятствующие дальнейшему продвижению инструмента

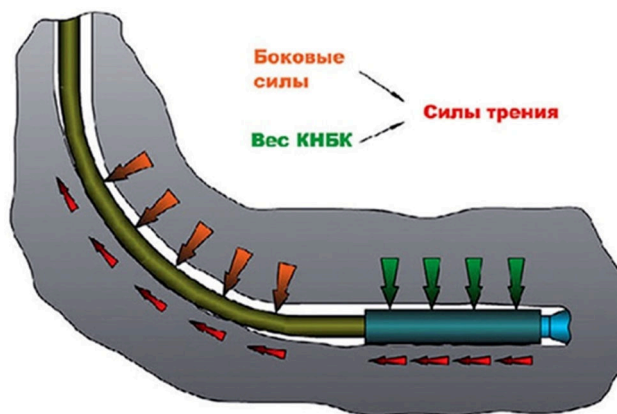


Рисунок 1 – Воздействие сил трения на процесс направленного бурения

Согласно исследованиям М.М. Александрова, взаимодействие бурильной колонны со стенками скважины в вертикальной скважине происходит только по замкам, а при бурении наклонных скважин происходит касание и по телу трубы. Исследования З. Луцкого показали, что коэффициент трения в зависимости от породы и типа промывочной жидкости изменяется в интервале 0,121–0,315. В проведенных ранее теоретических исследованиях была выявлена зависимость кинематического коэффициента трения от частоты виброперемещений:

$$\mu_k = \mu_0 [1 - E(A_F + A_T)^{-1}], \tag{1}$$

где μ_k – кинематический коэффициент трения; μ_0 – трение покоя; A_F – работа сил нормального давления на пути перемещения:

$$A_F = (2 \cdot h \cdot d_r \cdot \sigma_n) / 3; \tag{2}$$

A_T – работа сил трения на площадке фактического контакта на пути преодоления $2d_r$:

$$A_T = (\pi \cdot d_r \cdot 2 \cdot \tau_{cp}) / 3. \tag{3}$$

Работа (приходящая на один контакт единичной длины, т.е. на длине равной X / S_m) деформации энергии движущегося тела со скоростью $V = \omega X$ при виброперемещениях с частотой ω и амплитудой виброперемещения X :

$$E = mV^2 \cdot \cos^2 \psi \cdot (2n_0)^{-1} = M/L_3 \cdot \omega^2 \cdot X^2 \cdot \cos^2 \psi (2n_0)^{-1} \cdot X_{sm}. \tag{4}$$

На рисунке 2 показано отношение кинематического коэффициента трения μ_k к коэффициенту трения покоя μ_0 от частоты и амплитуды виброперемещений.

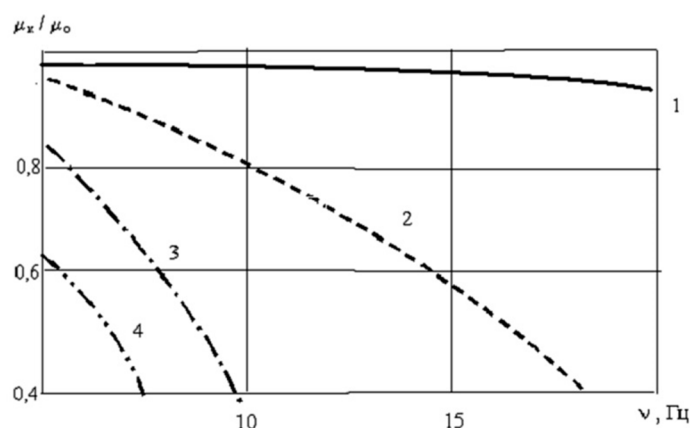


Рисунок 2 – Влияние частоты продольных колебаний на коэффициент трения

Из анализа результатов ранее проведенных теоретических исследований (представлены на рисунке 3) следует, что при использовании дополнительно продольных виброперемещений колонны, например, с частотой излучения 2...10 Гц и амплитудой до 6...9 мм, можно на несколько десятков процентов уменьшить коэффициенты трения замков о стенки ствола скважины.

Из всего этого можно сделать вывод, что применив специальные наддолотные устройства, мы сможем значительно уменьшить силы трения.



3 Сравнение устройств, предназначенных для преодоления сил трения

В бурении существует ряд способов и множество устройств, которые направлены на борьбу с силами трения и последствиями от них. Например, при бурении ГЗД практикуется проворачивание бурильной колонны, что исключает возникновение трения покоя между колонной и стенкой скважины. Так же известны устройства, устанавливаемые над долотом. Например, гидравлические яссы, осцилляторы и вибраторы.

Каждое из приведенных устройств безусловно обладает своими плюсами и сильными сторонами. Однако присутствуют и серьезные недостатки. Недостатками являются их сложность и невозможность регулирования нагрузки на долото в процессе бурения.

Существует забойный механизм подачи, который входит в КНБК, включающую БК, породоразрушающий инструмент, ВЗД и телескопическую систему, состоящую из цилиндра с отверстиями и поршня. Данное тех. Решение обладает следующими недостатками: недостаточная эффективность устройства, так как при его работе может произойти блокировка работы ГЗД. Сложность процесса регулировки осевой нагрузки на долото. Так же устройством не позволяет демпфировать осевые и крутильные колебания, которые возникают в процессе работы долота и ГЗД. И в целом, устройство предназначено только для работы с забойным двигателем, в частности с ВЗД.

Известен регулятор подачи типа РПДЭ-3, содержащий электрический датчик, пульт управления, станцию управления, генератор, двигатель постоянного тока, редуктор.

Недостатком регулятора подачи является то, что величина подачи бурового инструмента (буровая колонна, утяжеленная бурильная труба, долото и т.д.), выполняемой сверху бурильщиком или автоматом, с глубиной погружения долота в породу не соответствует, так как колонна бурильных труб не является абсолютно жесткой системой и в зависимости от возникающих в ней усилий испытывает упругие деформации, компенсирующие разность между подачей и глубиной погружения долота.

Таким образом, погружение долота всегда меньше подачи инструмента, и в то же время любое погружение долота происходит только в результате подачи инструмента. При этом подача инструмента, осуществляемая бурильщиком на поверхности, должна быть плавной, непрерывной и обеспечивающей такое удельное давление долота на забой, которое превышало бы сопротивляемость горных пород разрушению и обуславливало наиболее эффективную скорость их разбуривания. Регуляторы подачи работают совместно с индикаторами веса, например, ГИВ-6. Индикаторы веса определяют нагрузку на долото с поверхности земли с учетом веса колонны бурильных труб. Разница веса между колонной бурильных труб и нагрузкой, которую показывает индикатор веса – является нагрузка на долото. Такая разница в показаниях выдает большую погрешность, которая влияет на скорость бурения, расход бурового раствора, т.е. бурение горных пород происходит интуитивно, из-за чего снижаются показатели бурения и происходят большинство аварий связанных с прихватом бурового инструмента. Недостатками регулятора подачи являются также большие металлоемкость и габариты.

Таким образом, из выше указанного можно сделать вывод, что необходимо устройство с более высокой эффективностью и расширенными функциональными возможностями.

В ООО НПП «БУРИНТЕХ» в результате аналитических, экспериментальных и полевых работ создан целый ряд современных высокоэффективных элементов КНБК – протекторов забойных различных типоразмеров и исполнений, устанавливаемых над долотом, способных обеспечить гашение продольных, поперечных и крутильных ударов в нижней части бурильной колонны. Характерной особенностью данных устройств является возможность гашения сильных одиночных продольных, поперечных и крутильных ударов.

Разработаны, изготовлены и проходят промышленные испытания протекторы ПЗ-108-45, ПЗ-172-40, ПЗ-215-50 различных модификаций и исполнений (рис. 3).



Рисунок 3 – Протектор



Таблица 1 – Типоразмер и модификации протекторов

Типоразмер	Наружный диаметр корпуса, мм	Диаметр проходного канала мм	Длина в сложенном состоянии / с выдвинутым шпинделем, мм	Присоединительные резьбы по ГОСТ 28487-90		Масса не более, кг
				верхняя	нижняя	
				муфта	ниппель	
ПЗ-108-45	108	19	541/586	3-76	3-76	49
ПЗ-172-40	172	50,8	958/998	3-114	3-114	114
ПЗ-215-50	215... 219	73	1556/1606	3-152	3-152	348

При бурении наклонно-направленных, горизонтальных скважин, а также при бурении боковых стволов возникает проблема выбора оптимального размещения ясса для ликвидации прихвата КНБК. С одной стороны, должно обеспечиваться требование доведения нагрузки на ясс для его запуска в случае необходимости; с другой стороны, для увеличения ударного воздействия ясса он должен как можно ближе быть расположен к КНБК.

Подобное противоречие приводит к тому, что на практике ясс устанавливают на значительном расстоянии от КНБК – на практически вертикальном участке ствола скважины, при бурении боковых стволов – в обсаженном стволе скважины. При таком размещении ясса, в случае прихвата КНБК, эффективность работы ясса сильно снижается, т.к. удары ясса, хорошо ощущаемые на полу буровой, гасятся большой массой протяженной колонны труб от ясса до прихваченного КНБК. Проблема также осложняется и дополнительными ограничениями по месту установки ясса, налагаемыми его конструкцией, требованиями его размещения ниже или выше нейтральной линии.

С учетом вышесказанного были проведены аналитические, экспериментальные и полевые работы по созданию нового типа ударной компоновки «БУРИНТЕХ», состоящей из двух яссов – верхнего ясса гидравлического типа и нижнего ясса механического типа.

Основные работы велись по созданию ключевого элемента ударной компоновки – нижнего ясса механического типа, получившего название – расхаживатель колонн (РКМ-108, РКМ-114, РКМ-172). Расхаживатель колонн разработан для совместной работы с яссами типа ЯГБ (ЯГР) и способен работать на горизонтальном участке ствола скважины, причем с пропуском через фрезерованное окно при бурении бокового ствола. В некоторых случаях расхаживатель колонн может применяться одиночно и заменить обычный ясс двухстороннего действия.

Таблица 2 – Типоразмер и модификации расхаживателей колонн

Типоразмер	Наружный диаметр корпуса, мм	Диаметр проходного канала мм	Длина в сложенном состоянии / с выдвинутым шпинделем, мм	Присоединительные резьбы по ГОСТ 28487-90		Масса не более, кг
				верхняя	нижняя	
				муфта	ниппель	
РКМ-108	108 ... 110	50,8	1995/2097	3-86	3-86	126
РКМ-172	172 ... 176	73	2200/2420	3-133	3-133	270

Однако остановимся на забойном корректоре подачи-демпфер, подробно разберем устройство и принцип его работы.

4 Устройство и принцип работы забойного корректора подачи-демпфера

Корректор подачи демпфер (КПД) предназначен для обеспечения оптимального равномерного нагружения породоразрушающего инструмента осевой нагрузкой, когда движение бурильной колонны в результате трения осуществляется неравномерно, рывками, а также для демпфирования осевых нагрузок, действующих на долото в процессе бурения.

В основе принципа работы корректора подачи-демпфера, а именно в создании осевой силы на шпинделе устройства, используется физическое явление, проявляющееся при работе с гидравлическими яссами и известное под термином «насосный эффект» или «открывающая сила насоса».

Данное явление широко известно специалистам, оно отчетливо фиксируется на устье при проведении аварийных работ с гидравлическими яссами типа ЯГР, ЯГБ.

Корректор подачи-демпфер устанавливается над забойным двигателем или телесистемой и не требует для работы дополнительного перепада давления.



Рисунок 4 – Расхаживатель колонн



Рисунок 5 – Корректор подачи-демпфер КПД-172-300

В этом случае избыточное давление будет складываться из потерь давления в элементах КНБК, расположенных ниже устройства. Речь идет о потерях давления в телесистеме, забойном двигателе и долоте (потери давления в затрубном пространстве можно не учитывать, т.к. КПД в процессе бурения находится на близком расстоянии от забоя).

Ниже приведён график зависимости осевой силы подачи-демпфирования от перепадов давлений в элементах КНБК (рис. 6).

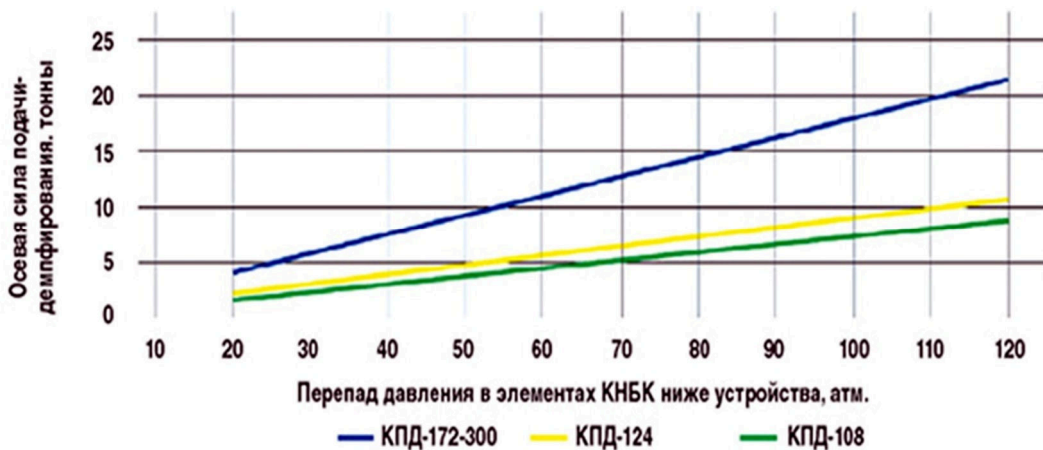


Рисунок 6 – График зависимости осевой силы подачи-демпфирования от перепадов давлений в элементах КНБК ниже устройства



Конструкция корректора-поддачи демпфера является собственной оригинальной разработкой ООО НПП «БУРИНТЕХ», защищенной патентами (рис. 7)

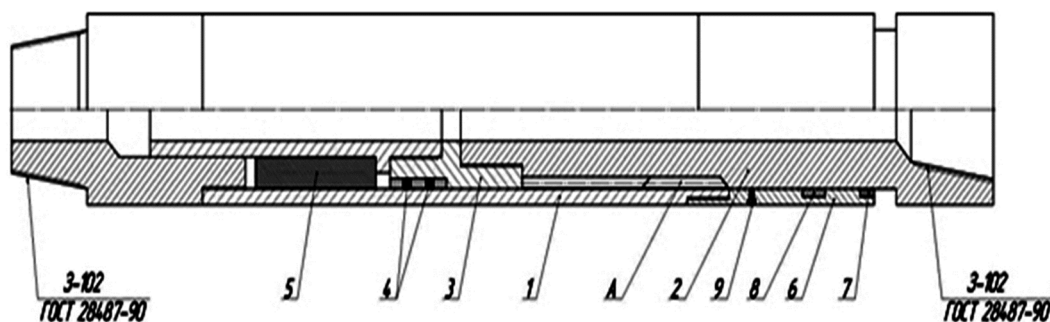


Рисунок 7 – Корректор подачи-демпфер. Общий вид:

1 – корпус; 2 – шпindelь; 3 – поршень; 4 – кольца уплотнительные; 5 – узел дросселя; 6 – направляющая; 7 – манжета грязевая; 8 – уплотнения; 9 – пробка; А – шлицевое соединение

Устройство содержит шлицевой корпус, внутри него подвижно расположен шпindelь, взаимодействующий с ним по шлицам. Ход шпинделя внутри корпуса ограничивается поршнем, на котором размещены кольца уплотнительные (узел сальника). Также в корпусе выполнен узел дросселя. На корпусе размещена направляющая, взаимодействующая с наружной цилиндрической поверхностью шпинделя. Направляющая снабжена грязевой манжетой с уплотнениями, что позволило выполнить шлицевое соединение герметизированным. Устройство заполняется маслом через отверстие на направляющей и герметизируется пробкой с уплотнительным кольцом.

Предположим, что КНБК находится на участке с высокими значениями сил трения и в начальный момент устройство сомкнуто. В процессе бурения, до этого случая, вес колонны труб выше устройства передается на долото, т.к. корректор подачи-демпфер сомкнут.

По мере углубления, вследствие увеличения сил трения и «подлипания» колонны бурильных труб выше устройства, нагрузка перестает передаваться на долото. Однако, в результате выдвигания шпинделя, устройство продолжает нагружать КНБК, т.е. происходит процесс бурения при «подлипшей» колонне бурильных труб. Как только шпindelь полностью выдвинулся из корпуса, передача нагрузки на долото прекращается. При дальнейшем увеличении сжимающей нагрузки прилипшая колонна труб «срывается» и сжимающая нагрузка передается по колонне бурильных труб вниз к КНБК. При этом шпindelь устройства резко задвигается в корпус, сжимая жидкость в демпфирующей камере, излишки которой выбрасываются через обратный клапан.

Таким образом, ударная нагрузка от колонны бурильных труб гасится в демпфирующей камере, благодаря чему исключается изменение ориентации ВЗДО от скачкообразной передачи осевой нагрузки, а также сокращается количество локальных искривлений ствола скважины.

Был проведен сравнительный анализ двух скважин, одна из которых была пробурена компоновкой, включающей корректор подачи-демпфер, а другая компоновкой без корректора подачи-демпфера. Результаты анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительный анализ скважин, пробуренных компоновкой с корректором подачи-демпфер и без

Номер скважины	Интервал бурения, м	Общий метраж, м	Средняя скорость мех. бурения интервала, м/ч
1544 (+КПД)	2900–3230	330	25,3
1545 (без КПД)	2915–3238	323	20,3

Сравнительный анализ показывает, что применение корректора подачи-демпфера позволило увеличить показатель средней скорости механического бурения на 25 %. Промысловые испытания показали, что применение КПД при бурении наклонно-направленных скважин позволило значительно улучшить управляемость КНБК, и тем самым сократить время строительства скважины.

Выводы:

1. Серьезной проблемой, при бурении скважин, являются большие силы трения, которые приводят к неравномерности передачи осевой нагрузки на забой, в связи с чем ухудшаются технико-экономические показатели.
2. Существует множество методов для решения данной проблемы, однако им свойственны серьезные недостатки и недоработки.
3. Корректор подачи-демпфер является на данный момент очень актуальным устройством для решения подобных проблем, при его использовании значительно увеличивается скорость механического бурения, что положительно сказывается на технико-экономических показателях.

**Литература:**

1. Абрамсон М.Г. Справочник по механическим и абразивным свойствам горных пород нефтяных и газовых месторождений : справочник. – М. : Недра, 1984. – 207 с.
2. Абатуров В.Г. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Разрушение горных пород при бурении скважин» для студентов специальности 0909 : метод. указание / В.Г. Абатуров, А.В. Кед. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2005. – 26 с.
3. Спивак А.И. Разрушение горных пород при бурении скважин / А.И. Спивак, А.Н. Попов. – М. : Недра, 1994. – 261 с.
4. Долота шарошечные. Типы и основные размеры. Технические требования : ГОСТ 20692-2003. – Введ. 2004-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 25 с.
5. Кулябин Г.А. Технология углубления скважин на нефть и газ. – Тюмень : Вектор Бук, 2001. – 160 с.
6. Кулябин Г.А. Методические указания по курсу «Технология бурения глубоких скважин» для проектирования режима бурения с забойными двигателями и самостоятельной работы студентов специальности 0909 : в 2-х частях : метод. Указание. – Тюмень : ТюмИИ, 2003. – 64 с.
7. Кулябин Г.А. Методические указания по курсу «Технология бурения нефтяных и газовых скважин» студентам специальностей 0909 для расчетов бурильной колонны на прочность на практических занятиях : метод. указание. – Тюмень : ТюмИИ, 2003. – 18 с.
8. Справочник бурового мастера : научно-практическое пособие в 2-х томах / В.П. Овчинников [и др.]. – М. : Инфра-Инженерия, 2006. – 608 с.
9. Северинчик Н.А. Машины и оборудование для бурения скважин. – М. : Недра, 1986. – 368 с.
10. Пустовойтенко И.Я. Предупреждение и ликвидация аварий в бурении. – М. : Недра, 1973. – 312 с.

References:

1. Abramson M.G. Reference book on mechanical and abrasive properties of rocks of oil and gas fields : reference book. – M. : Nedra, 1984. – 207 p.
2. Abaturov V.G. Methodical instructions to implementation of the term paper on discipline «Destruction of rocks at well-drilling» for students of specialty 0909 : method. instruction / V.G. Abaturov, A.V. Ked. – Tyumen : TSOGU, 2005. – 26 p.
3. Spivak A.I. Destruction of rocks at well-drilling / A.I. Spivak, A.N. Popov. – M. : Nedra, 1994. – 261 p.
4. Sharoshechny chisels. Types and main sizes. Technical requirements : GOST 20692-2003. – Vved. 2004-07-01. – M. : Publishing house of standards, 2003. – 25 p.
5. Kulyabin G.A. Technology of deepening of wells on oil and gas. – Tyumen : Bouck's vector, 2001. – 160 p.
6. Kulyabin G.A. Methodical instructions at the rate «Technology of Drilling of Deep Wells» for design of the mode of drilling with bottomhole engines and independent work of students of specialty 0909 : in 2 parts : method. Instruction. – Tyumen: TyumII, 2003. – 64 p.
7. Kulyabin G.A. Methodical instructions at the rate «Technology of Drilling of Oil and Gas Wells» to students of specialties 0909 for calculations of a boring column on durability on a practical training: method. instruction. – Tyumen: TyumII, 2003. – 18 p.
8. Reference book by the drilling foreman: a scientific and practical grant in 2 volumes / Accusative Ovchinnikov [etc.]. – M. : Infra-Inzheneriya, 2006. – 608 p.
9. Severinichik N.A. Machines and equipment for well-drilling. – M. : Nedra, 1986. – 368 p.
10. Pustovoytenko I.Ya. Prevention and accident elimination in drilling. – M. : Nedra, 1973. – 312 p.