

Технология и техника геологоразведочных работ

УДК 622.23.05

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПРИВОДОВ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

А.П. Колодин, А.В. Шадрина, Л.А. Саруев

Томский политехнический университет

E-mail: wisdom@sibmail.com

Определены рациональные области использования буровых станков с различными типами приводов. Выявлено, что производительность станков с пневмоприводом за счет подбора рациональных параметров может быть увеличена в 1,4 раза, а станков с гидроприводом в 2,4 раза без увеличения удельных приведенных затрат, веса и мощности.

Ключевые слова:

Буровой станок, тип привода, эффективность бурения, область рационального применения.

Key words:

Rig, type of drive, drilling efficiency, rational use region.

Решение задачи об эффективности бурового станка с определенным типом привода на конкретном участке производства предполагает определение экономических границ и области его целесообразного применения. Для выявления таких границ и областей можно использовать систему технико-экономических показателей [1].

В качестве критериев и ограничений при исследовании границ эффективности были приняты: себестоимость C 1 пог. м скважины, которая складывается из заработной платы бурильщика C_z , амортизационных отчислений C_a , затрат на текущий ремонт $C_{тр}$, стоимости энергии, расходуемой на бурение и вспомогательные операции C_v , стоимости материалов C_m и прочих расходов C_n ; удельные приведенные затраты $Z_{пр}$, отнесенные к одному метру скважины; производительность бурения Q ; вес бурового станка G_0 ; мощность бурового станка $N_{ст}$, отнесенная к одному пог. м скважины.

Для установления границ эффективного использования приводов задавался различный объем работ L в диапазоне от 0 до 45 тыс. пог. м в год на одну бурильную установку в конкретных условиях эксплуатации (работа в две смены, крепость пород $f=11...14$, круговой веер скважин в количестве 12 шт. в веере, глубина скважин – 25 м).

Результаты проведенного анализа полученных данных позволили выявить значительные колеба-

ния основных экономических показателей, сравниваемых приводов в зависимости от выполненного за год объема работ. Как показали исследования, себестоимость одного метра скважины при годовом объеме бурения 3000 пог. м превышает её минимальный уровень у пневмопривода в 1,25 раза, у пневмогидропривода в 1,6 раза, у электропневмогидропривода в 1,8 раза и у гидропривода – более чем в 2 раза.

Эти данные подтверждают положение о том, что экономическая эффективность приводов бурильных установок является величиной динамичной и зависит от множества факторов. Применение привода, признанного эффективным в одних условиях, может оказаться нецелесообразным в других [2]. График, рис. 1, позволяет установить уровень эффективности каждого типа привода в зависимости от объема выполняемых работ и показывает, что каждому из них соответствует определенная область, в границах которой бурильная установка оказывается наиболее экономичной.

В то время, когда не было мощных самоходных агрегатов для бурения скважин ограниченного диаметра из подземных горных выработок, применение колонковых установок было целесообразно для большинства горных работ без ограничения их объема сверху. С появлением самоходных установок с пневмогидроприводом границы экономиче-

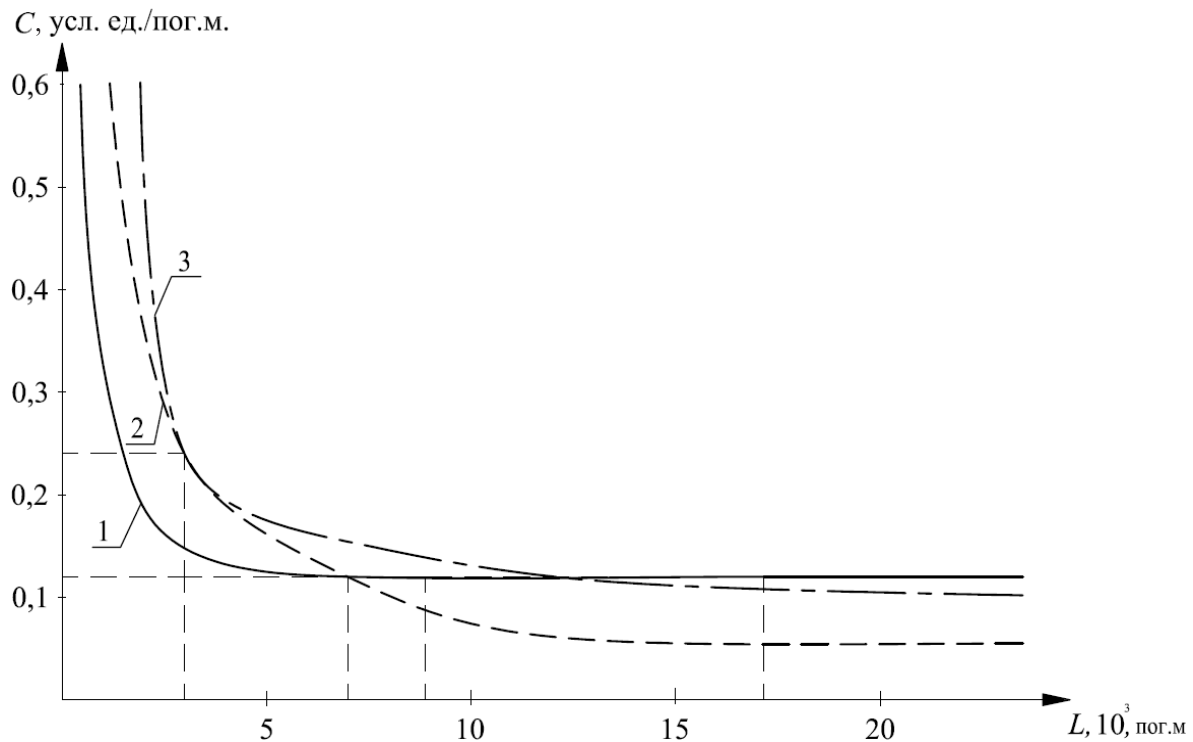


Рис. 1. Влияние объема работ на C себестоимости пог. м скважины: 1) пневмопривод; 2) пневмогидропривод; 3) гидропривод

ски целесообразного применения колонковых установок сократилось до 17 тыс. м в год.

В результате создания электропневмогидропривода — привода с меньшим, чем у пневмогидропривода использованием дорогостоящей энергии сжатого воздуха, область применения колонковых установок с пневмоприводом сократилась и составила 0...9 тыс. пог. м. При годовом объеме бурения скважин на руднике свыше 9 тыс. пог. м целесообразно было бы применение электропневмогидропривода.

Полный отказ от энергии сжатого воздуха путем создания бурильных установок с гидроприводом ещё больше сузит область применения колонковых установок с пневмоприводом, границами которой стали бы 0...7 тыс. пог. м. Только наличие относительно дешёвой электроэнергии объясняет эффективное применение такого дорогостоящего оборудования, каким является гидравлическая установка, на довольно малых объемах работ.

Следует заметить, что условия оптимизации параметров гидропривода предполагали относительную простоту изготовления узлов гидроустановки, что сказалось на ее стоимости.

На рис. 2 представлены области рационального применения приводов, границами которых, являются минимальные значения себестоимости единиц работ при различной загрузке оборудования по времени, выраженной коэффициентом использования календарного времени η .

При коэффициенте использования календарного времени до 0,5, т. е. до 50 % загрузки по календарному времени, рационально применять ко-

лонковые установки, а свыше 0,5 — самоходные установки с пневмогидроприводом (рис. 2, зависимости 1 и 2).

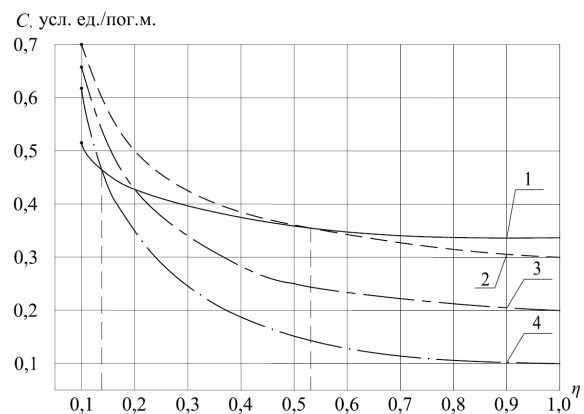


Рис. 2. Зависимость себестоимости пог. м скважины от коэффициента использования календарного времени η для различных типов приводов: 1) пневмопривод; 2) пневмогидропривод; 3) электропневмопривод; 4) гидропривод

Эти данные подтверждают положение о том, что самоходные установки, представляющие собой дорогостоящие агрегаты, не во всех случаях выгодны с экономической точки зрения [3].

Замена пневматического двигателя механизма вращателя на электрический значительно снижает долю энергии в себестоимости пог. м скважины, поэтому даже в условиях малой загрузки (рис. 2, $\eta=0,2$) электропневмопривод эффективнее пневмопривода.

Аналогичную область целесообразного применения имеет гидропривод. На рис. 2 видно, что до величины коэффициента использования календарного времени равной 0,15, эффективен пневмопривод, а свыше 0,15 – гидропривод.

В связи с тем, что степень влияния стоимости энергии на экономические показатели бурения довольно высока, ее можно использовать в качестве одного из критериев, позволяющего установить рациональные области применения отдельных типов приводов.

На первый план часто выступают и другие критерии, наиболее полно отражающие конкретное проявление условий эксплуатации. Объективный и всесторонний анализ может быть обеспечен только при условии использования для этих целей системы технико-экономических показателей. Поэтому была предпринята попытка оценить рациональные значения некоторых параметров привода по нескольким критериям одновременно.

На рис. 3 и 4 представлены графики, отражающие результаты исследования таких параметров привода, как давление сжатого воздуха $P_{сж.в.}$ и мощность двигателя механизма податчика $N_{пл.}$ по следующим критериям: себестоимости пог. м скважин, удельным приведенным затратам, стоимости энергии, производительности бурения, удельным значениям мощности привода и веса установки.

В системе координат названных критериев и давления сжатого воздуха (рис. 3) определены точки, соответствующие экстремальным значениям данных критериев при изменении $P_{сж.в.}$ по каждому типу привода.

Например, для пневмопривода при давлении воздуха 0,5 МПа обеспечиваются минимальные значения удельной мощности привода $N_{у1}$ и стоимости энергии $C_{э1}$; при давлении 0,6 МПа – минимальная величина C_1 ; при 0,65 МПа – минимум $З_{пр}$; при 0,85 МПа – максимум Q_1 и минимум G_{01} .

Соединяющиеся прямые образуют многоугольник, вершинами которого служат экстремальные значения критериев, а площадь его характеризует область рациональных значений параметра (давления сжатого воздуха) данного типа привода относительно принятых критериев.

Для пневмопривода рациональная область величин давления воздуха составит от 0,5 до 0,85 МПа, для пневмогидропривода – от 0,5 до 0,9 МПа и для электропневмогидропривода – от 0,5 до 1,25 МПа.

На рис. 3 видно, что если в качестве критерия оптимальности, например, для пневмопривода, выбрать максимальную Q_1 , то обеспечить данное условие можно при давлении воздуха 0,85 МПа. Минимальная C_1 достигается при давлении 0,6 МПа и т. д.

В том случае, когда требуется произвести оценку привода по всем критериям одновременно, не отдавая предпочтения ни одному из них, оптимальное значение давления воздуха определится как центр тяжести данного многоугольника.

Для пневмопривода таким давлением будет 0,7 МПа, пневмогидропривода – 0,65 МПа и электропневмогидропривода – 1,0 МПа.

Наложение областей применения различных типов приводов образует площадь общую для всех

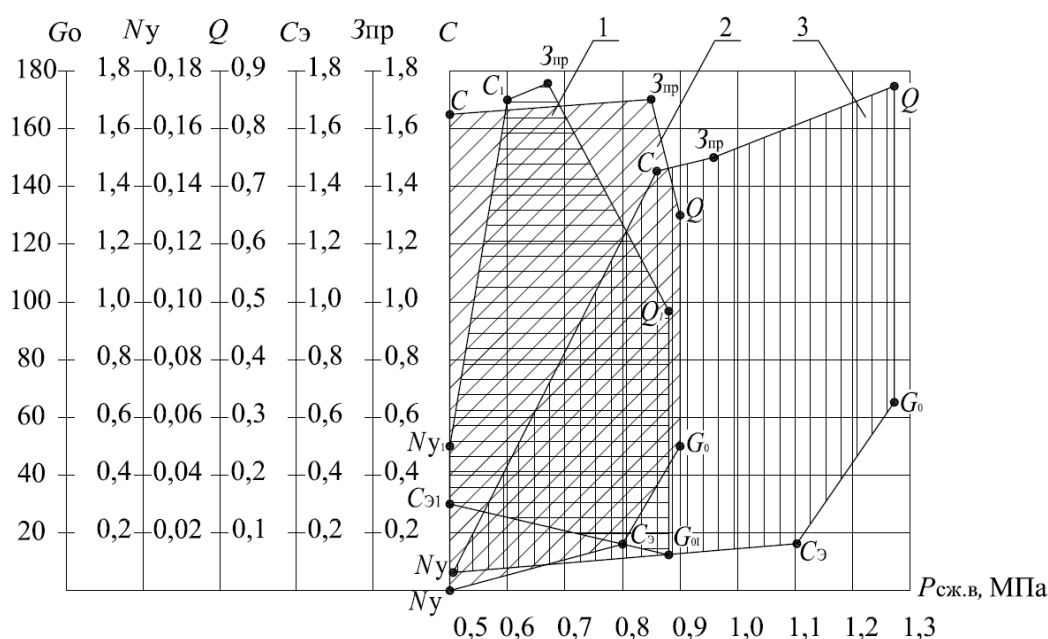


Рис. 3. Область рационального давления сжатого воздуха $P_{сж.в.}$ для различных типов приводов бурильных машин: 1) пневмопривод; 2) пневмогидропривод; 3) электропневмопривод

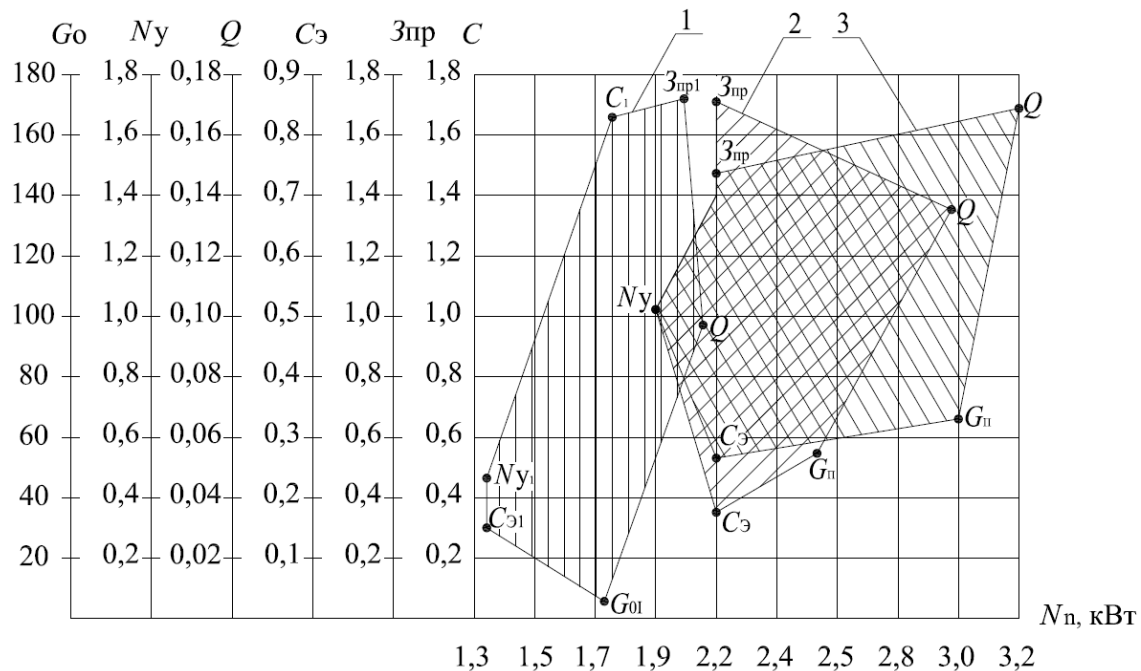


Рис. 4. Область рациональной мощности двигателя податчика N_p для различных типов приводов буровой машины: 1) пневмопривод; 2) пневмогидропривод; 3) электропневмопривод

исследуемых приводов. В данном примере она ограничена давлениями воздуха в пределах 0,55 и 0,85 МПа, т. е. данный диапазон давлений рационален для всех типов приводов буровых установок, хотя не всегда обеспечит экстремальные значения критериев. Так, например, давление воздуха 0,77 МПа (центр тяжести фигуры, образованной наложением областей разных приводов) для всех трех типов приводов обеспечивают $Z_{пр}$, близкие по значению к своим минимальным уровням, чего нельзя сказать о производительности.

Данный подход к выбору областей рационального применения приводов по ряду параметров позволяет решать обратную задачу.

Задаваясь определенным значением параметра $P_{сж.в.}$, можно определить, какой тип привода обеспечит наиболее эффективное его использование по выбранному критерию.

Например, при критерии максимум производительности ($\max Q$) – высокое давление сжатого воздуха выгоднее использовать при электропневмогидроприводе, а давление 0,85...0,9 МПа обеспечит наибольший эффект в пневмо- и пневмогидроприводе.

Аналогичным образом для исследования границ эффективности буровых установок с различными типами приводов могут быть использованы другие параметры. На рис. 4 представлены области рационального использования мощности двигателя механизма подачи N_p , из которого видно, что мощность податчика в пределах от 1,3 до 1,9 кВт эффективно применять только в пневмоприводе. Причем, мощность в 1,3 кВт эффективна с точки зрения обеспечения минимальных значе-

ний удельной мощности $N_{y.1}$ стоимости энергии $C_{з.1}$, а величина ее в 1,9 кВт позволяет получить близкое к минимуму значение приведенных затрат $Z_{пр.1}$ и максимум производительности Q_1 .

Более высокие мощности оптимальны для других типов приводов, в частности, от 1,9 до 3,0 кВт рационально применять как в пневмогидроприводе, так и в электропневмогидроприводе, а свыше – только в последних.

Заключение

На основе разработанной ранее методики оценки технико-экономической эффективности машин для бурения скважин из подземных горных выработок проведен анализ технико-экономических показателей станков с различными типами приводов и определены области их рационального использования.

Вершинами областей-многоугольников являются экстремальные значения критериев (себестоимости пог. м скважины; приведенных затрат, отнесенных к одному метру скважины; производительности бурения; удельного веса бурового станка и мощности его привода; удельной стоимости энергии, расходуемой в процессе бурения скважины), а площадь его характеризует область рациональных значений параметра (давление сжатого воздуха и мощность двигателя механизма податчика) данного типа привода относительно принятых критериев.

Рассмотренный подход к выбору областей рационального использования буровых станков с различными типами приводов позволяет также решать обратную задачу: задаваясь определенным

значением параметров $P_{сж. в.}$ и $N_{п.}$, можно определить, какой тип привода обеспечит наиболее эффективное использование станка по тому критерию, который интересует.

Установлено, что производительность станков с пневмоприводом за счет подбора рациональных параметров может быть увеличена в 1,4 раза, а станков с гидроприводом в 2,4 раза без увеличения

удельных приведенных затрат, удельных значений веса и мощности станков.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта на проведение научно-исследовательской работы в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., конкурсы по мероприятию 1.3.1. «Проведение научных исследований молодыми учеными – кандидатами наук».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колодин А.П., Шадрин А.В., Саруев Л.А. Разработка методики оценки технико-экономической эффективности машин для бурения скважин малых диаметров из подземных горных выработок // Вестник ЗСО РАЕН. – Кемерово, 2009. – Вып. 11. – С. 32–39.
2. Баженов В.И. Исследование типа привода бурильных машин вращательно-ударного действия на эффективность бурения

скважин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1975. – 19 с.

3. Казанцев А.А., Саруев Л.А., Саруев А.Л. Техника бурения подземных скважин и анализ динамики колонны штанг малого диаметра при вращательно-ударном нагружении. – Юрга: Изд-во ЮТИ ТПУ, 2007. – 127 с.

Поступила 31.01.2011 г.

УДК 622.24

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АГРЕГАТА ДЛЯ СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ РУД НА ПРИМЕРЕ БАКЧАРСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ

Н.Е. Горшенин

Томский политехнический университет

E-mail: nickgor@inbox.ru

Приведена методика математического моделирования работы гидродобычных агрегатов. Математически определены режимные параметры и технико-экономические показатели скважинной гидродобычи на Бакчарском рудопроявлении. Проанализировано влияние подачи насосного агрегата на технико-экономические показатели гидродобычи. Показано, что оптимальный режим достигается при максимально допустимом давлении и предельно достижимом радиусе размыва.

Ключевые слова:

Математическое моделирование, скважинная гидродобыча, гидродобычный агрегат.

Key words:

Mathematical simulation, hydraulic borehole mining, aggregate for borehole mining.

Железородное проявление, расположенное на территории Бакчарского района Томской области, является перспективным с точки зрения разработки его методами скважинной гидродобычи (СГД). Это обусловлено небольшой глубиной залегания рудных тел, малой прочностью руд, устойчивой кровлей рудных пластов и достаточной мощностью рудных тел.

Промышленный опыт реализации СГД на нескольких месторождениях показал, что данная технология является достаточно сложной из-за большого количества факторов, влияющих на эффективность работы добычных агрегатов [1]. Высокая эффективность СГД может быть получена только при строгой координации всех технологических процессов. В этой связи становится актуальным математическое моделирование системы разработки и работы гидродобычного агрегата, в состав которого входит снаряд СГД и установки, обеспечивающие его работу. Математическое моделирова-

ние на стадии проектирования позволит оценить экономический эффект, выбрать рациональные режимные параметры СГД, сравнивать различные технологические схемы добычи с целью выбора оптимальной.

Рассмотрим принцип работы гидродобычного агрегата, рис. 1. В снаряд СГД через верхний оголовок – 1 под давлением подается техническая вода и сжатый воздух. Эти агенты доставляются к нижнему оголовку снаряда – 2 по колоннам водоподводящих труб – 4, 5 для выполнения технологических операций: вода для интенсификации процессов обрушения горной породы в добычной камере – 8 и приготовления пульпы, воздух для подъема пульпы вверх по пульпоподъемной колонне – 3 на поверхность, на карту намыва – 7 с помощью эрлифта. Для надежной гидроизоляции добычной камеры от вышележащих горизонтов башмак пульпоподъемной колонны устанавливается в мощное цементное кольцо – 6. При рабо-