

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 622.32

Г.Н. Ковшов, д-р техн. наук, А. В. Ужеловский

(Украина, Днепропетровск, Приднeпровская государственная академия строительства и архитектуры)

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ БУРОВОГО СНАРЯДА, С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ДАТЧИКОВ ЕГО ПОЛОЖЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ

Введение. По мере роста потребления энергоресурсов, связанного с развитием тяжелой и легкой промышленности, большое внимание уделяется разведке полезных ископаемых и, в частности, разведке на нефть и газ, запасы которых уменьшаются. Бурение новых и реставрация старых скважин требует значительных финансовых затрат. Возможность использования старых скважин с целью разведки полезных ископаемых на разных глубинах и на большой территории значительно уменьшает финансовые затраты, а также сокращает время поиска полезных ископаемых. Один из способов снижения затрат - применение направленного бурения. Изменение трассы бурения скважин возможно различными способами, например, установкой отклоняющих устройств или путем управления бурением скважин с одновременным использованием отклоняющих устройств. Последний способ наиболее перспективный, но и более сложный.

Создание автоматизированной системы контроля, регулирования и управления трассой скважины, в состав которой входят элементы автоматики, несущие информацию о влиянии отрицательных факторов окружающей среды, позволило бы значительно снизить затраты на ее строительство.

Анализ исследований и публикаций. Задачи управления бурением скважины невозможно решить без информации о положении бурового снаряда в пространстве. Существует большое количество датчиков, позволяющих определять зенитный и азимутальный углы, характеризующие положение бурового снаряда в пространстве. Анализ их технических характеристик представлен в работе [5] и других, где видно, что изменение температуры окружающей среды по мере углубления скважины и положения бурового снаряда в пространстве существенно сказывается на точности показаний датчиков зенитного и азимутального углов.

Так, в работе [9] говорится, что в показаниях акселерометра при значительном углублении скважины, т.е. в случае, когда температура на забое может достигать значений, превышающих 100 °С и больше, присутствует погрешность статической характеристики, имеющей нелинейный характер. Указывается также, что для ее учета, непосредственно возле инклинометра, следует устанавливать датчик температуры на вход микроконтроллера, предназначенного для формирования желаемого переходного процесса, должен поступать скорректированным, т.е. исключая погрешность, вносимую в результате изменения температуры окружающей среды. Это возможно, если сигнал от датчика температуры вначале будет поступать в устройство, учитывающее полученную информацию и вырабатывающее скорректированный сигнал от инклинометра об истинном положении бурового инструмента.

Одним из способов коррекции может стать алгоритмический метод [5].

Знание пространственного положения бурового снаряда в скважине дает возможность лишь принять решение о необходимости корректировки трассы скважины. Реализации процесса корректировки требует наличия системы управления техническими средствами, обеспечивающими изменение направления бурения.

Управление изменением направления бурения скважины возможно поворотом буровой колонны вместе с отклонителем, используя электропривод роторного стола переменного или постоянного тока с замкнутой системой регулирования угловой скорости вращения двигателя и обратной связью по положению бурового снаряда. При этом к электроприводу ставятся определенные требования – недопустимость поворота на угол, больший заданного, или реверса. В связи с этим при получении сигнала ошибки, т.е. при уходе от требуемого направления бурения переходный процесс автоматизированной системы регулирования частоты вращения электропривода при повороте буровой колонны должен носить линейный или экспоненциальный характер.

В работах [1,3] показано, что для этого целесообразно использовать электропривод постоянного тока или асинхронный регулируемый частотный электропривод с реализацией алгоритма управления в форме нечеткого регулятора.

Асинхронный регулируемый частотный электропривод в составе системы управления в настоящее время является более перспективным, что подтверждается использованием мощных частотных преобразователей в электроприводе механизмов подъема и ротора современных буровых станков [9].

Полученные переходные характеристики [2] предлагаемой системы управления электроприводом ротора бурового станка носят экспоненциальный характер, что подтверждает возможность и целесообразность использования регулируемого частотного электропривода для этой цели.

В связи с вышесказанным предоставляется возможность устанавливать буровой инструмент с учетом температурной компенсации датчика положения, используя при этом автоматизированный электропривод роторного стола с частотным управлением, при котором появляется возможность осуществлять поворот буровой колонны как при непрерывном бурении, так и при неподвижном состоянии.

Цель работы. Разработать имитационную модель автоматизированной системы управления процессом корректировки режимов бурения скважины, которая позволила бы на стадии проектирования трассы: учитывать ее возможное отклонение от заданного направления, вызываемое температурной погрешностью показаний датчиков положения бурового снаряда; выбирать устройство, способ или метод корректировки; обеспечить более точную ориентацию бурового инструмента.

Задача работы. Оценить возможную погрешность при установке установки бурового снаряда в заданное положение, с помощью имитационной модели, позволяющей учитывать погрешность показаний датчика температуры и осуществлять корректировку его статической характеристики выходного сигнала от угла поворота при изменении температуры окружающей среды.

Основной материал. Имитационную модель следует разработать с учетом основных элементов системы автоматического управления углом установки отклонителя [1]. Структура такой системы приведена на рис.1. При создании имитационной модели буровая колонна принималась в динамическом отношении как инерционное звено 1-го порядка. Ротор бурового станка и муфта рассматривались как усилительные элементы, входящие в состав электропривода. Имитация изменения выходного сигнала датчика азимутального или зенитного угла при изменении температуры окружающей среды осуществлялась с помощью блока линейной зависимости и блоков, реализующих полиномиальную зависимость выходного сигнала от входного. При этом предполагалось, что время прохождения выходного сигнала блока линейной зависимости пропорционально величине углубления скважины.

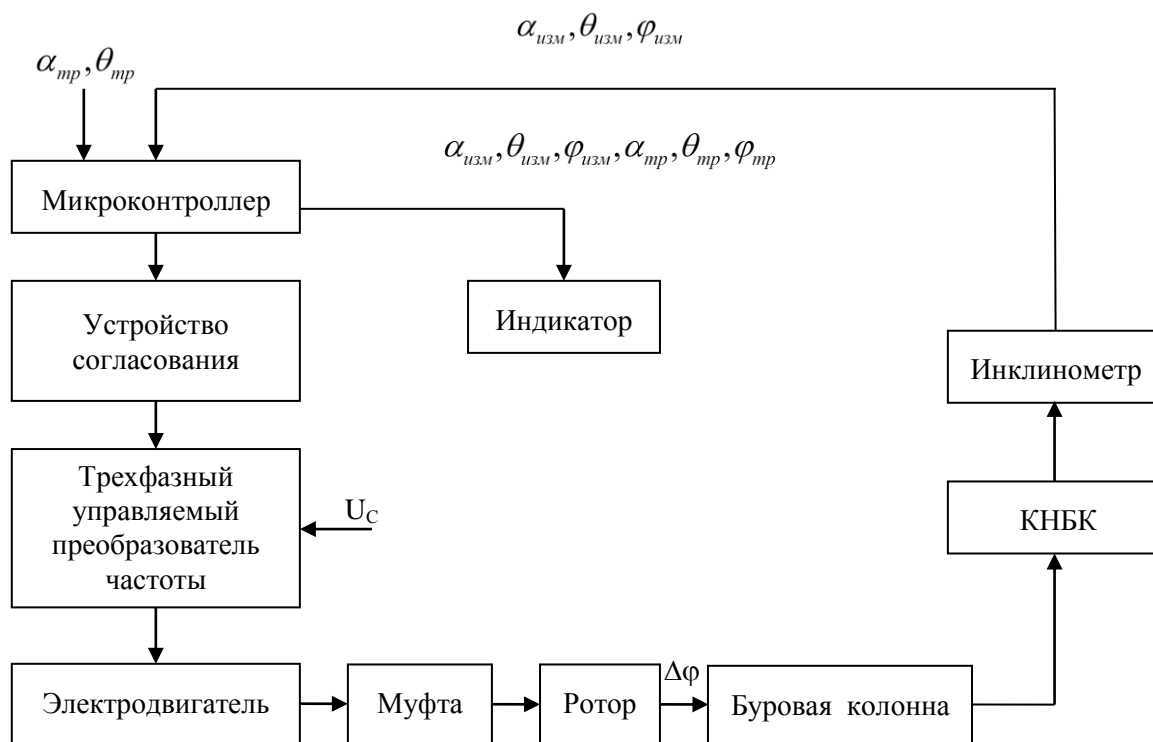


Рис. 1. Структурная схема автоматического управления углом установки отклонителя

Система содержит микроконтроллер, который на основании получаемой текущей информации от инклинометра об азимутальном и зенитном углах ($\alpha_{изм}, \theta_{изм}$) сравнивает их с требуемыми ($\alpha_{тр}, \theta_{тр}$), вычисляет нужное значение угла установки отклонителя ($\varphi_{тр}$) и подает управляющие сигналы на ис-

полнительное устройство. Исполнительное устройство содержит: подключенный к источнику напряжения питающей сети (U_c) трехфазный управляемый преобразователь частоты, формирующий рабочее напряжение для регулирования частоты вращения электродвигателя; муфту; ротор, обеспечивающий поворот колонны буровых труб.

Имитационная модель системы управления углом поворота буровой колонны представлена на рис. 2. При составлении модели были учтены результаты исследований, приведенные в работе [11], датчика температуры и описания зависимости его выходного сигнала от температуры полиномами 1- и 3-го порядков. Для получения сравнительной характеристики влияния изменения температуры в скважине на показания инклинометра, а также для сравнения значения корректировки температурной погрешности полиномами 1- и 3-го порядков модель представлена двумя идентичными системами управления, отличающимися лишь порядком полиномов.

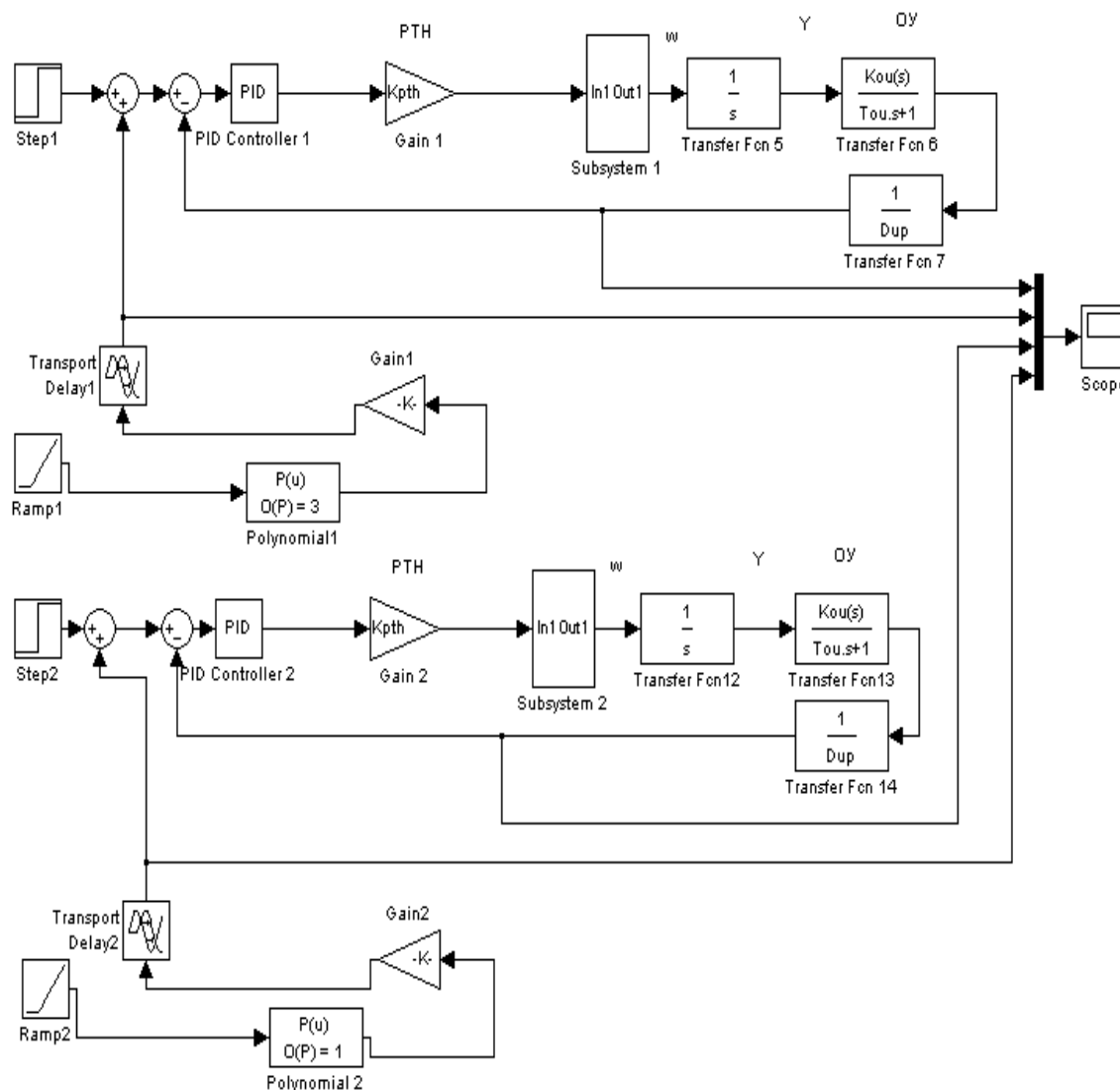


Рис. 2. Имитационная модель замкнутой системы управления углом поворота буровой колонны

Имитационная модель разработана с помощью пакета расширения Matlab-Simulink. На схеме показаны следующие элементы: Subsystem 1,2 – subsystemы, реализующие работу асинхронного короткозамкнутого электродвигателя переменного тока с управлением угловой скоростью при помощи преобразователя частоты ПТН; PID Controller 1,2 – микроконтроллеры, обеспечивающие реализацию ПИД - закона регулирования; Gain 1,2 (K_{pth})- преобразователи частоты напряжения питания двигателя ротора бурового станка; Transfer Fcn 5,12 – интеграторы, преобразующие угловую скорость вращения ротора бурового станка в угол поворота $\Delta\varphi$; Transfer Fcn 6,13 – передаточные функции буровой колонны, принимаемой как инерционное звено первого порядка; Transfer Fcn 7,14 – передаточные функции датчиков угла поворота ротора бурового станка; Step 1,2 – блоки задания угла поворота буровой колонны; Gain 1,2 – бло-

ки согласования сигнала коррекции, описываемого полиномами Polynomial 1,2 соответственно 3- и 1-го порядков; Ramp 1,2 – блоки линейной зависимости, имитирующие сигналы от датчиков температуры и установленные на буровом снаряде, находящемся на забое; Transport Delay 1,2 – звенья запаздывания, установленные для визуального наблюдения переходного процесса в системе после поступления сигнала об изменении температуры на забое.

Субсистемы, реализующие работу асинхронного электродвигателя переменного тока с короткозамкнутым ротором и напряжением питания от преобразователя частоты представлены на рис. 3.

Этапы исследования работоспособности системы управления рассмотрены ниже для условий, приближенных к реальным. В качестве приводного электродвигателя принят низковольтный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором серии AFD, выпускаемый компанией ООО «КРАНРОС» (г. Челябинск).

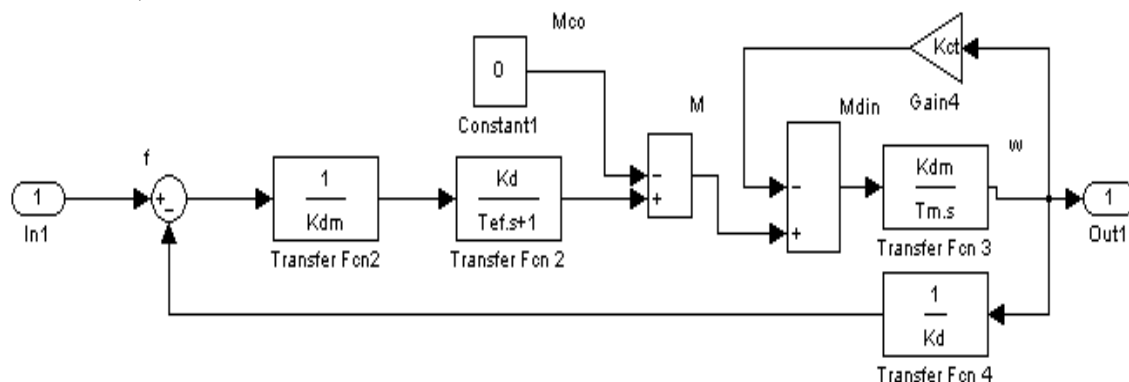


Рис. 3. Субсистема, реализующая работу замкнутой системы регулирования частоты вращения асинхронного электродвигателя переменного тока с короткозамкнутым ротором, обратной связью по угловой скорости и напряжением питания от преобразователя частоты

Учитывая техническую характеристику двигателя серии AFD423SA6 мощностью $P_n = 500$ кВт ($U_n = 660$ В, $I_n = 510$ А, $M_n = 4807$ Н*м, $n_n = 750$ об/мин, $J = 32,73$ кг*м²), предназначенного для привода главных механизмов буровых установок: буровой лебедки, бурового насоса, роторного стола, питающегося от преобразователя частоты, расчетные коэффициенты и динамические параметры в принятой субсистеме, (рис.3) были определены по зависимостям предлагаемым в работе [4], и имеют следующие значения: $k_{dm} = 0,01$ 1/с*Н*м – коэффициент передачи двигателя по моменту; $s_{cp} = 1,02$ – критическое скольжение; $m_k = 1$; $\omega_0 = 100$ 1/с. – синхронная скорость; $k_d = 6,28$ – коэффициент преобразования; $T_{ef} = 1,01$ с – фиктивная электромагнитная постоянная времени.; $T_m = 3,273$ с. – электромеханическая постоянная времени; $M_\phi = 9425,5$ Нм – фиктивный момент при $\omega = 0$; $k_{cm} = 45,9$ – коэффициент скоростного (вязкого) трения) т.е. численные значения динамических параметров элементов схемы и коэффициенты приняты такими же, как и в работе [9].

Результатом моделирования систем (см рис. 2) явилось получение их переходных характеристик (рис. 4).

Из рисунка видно, что кривые имеют экспоненциальный характер. Колебательный процесс отсутствует даже в случае скачкообразного изменения температуры.

Кривые 1 и 2 соответствуют значениям корректировки показаний датчика соответственно полиномами 1- и 3-го порядков, а кривые 3 и 4 – соответствующим значениям угла поворота бурильной колонны.

Видим также, что наибольшая погрешность в показаниях датчика по сравнению с приводимой в его техническом описании, наблюдается примерно при температуре 162⁰С. При описании температурной зависимости датчиков (полученной экспериментально) с полиномами 1- и 3-го порядков видно, что более точные результаты получены при описании полиномом 3-го порядка, максимальная погрешность может составлять до 1,03 %. Такая температура соответствует глубине скважины, примерно, в 3000 м. Погрешность в 1,03% на этой глубине существенно влияет на определение пространственного положения бурового инструмента.

Выводы

Разработана имитационная модель, позволяет:

- на стадии проектирования оценивать влияние температурной погрешности показаний датчика зенитного угла или азимутального угла на положение бурового инструмента при разных глубинах скважины;

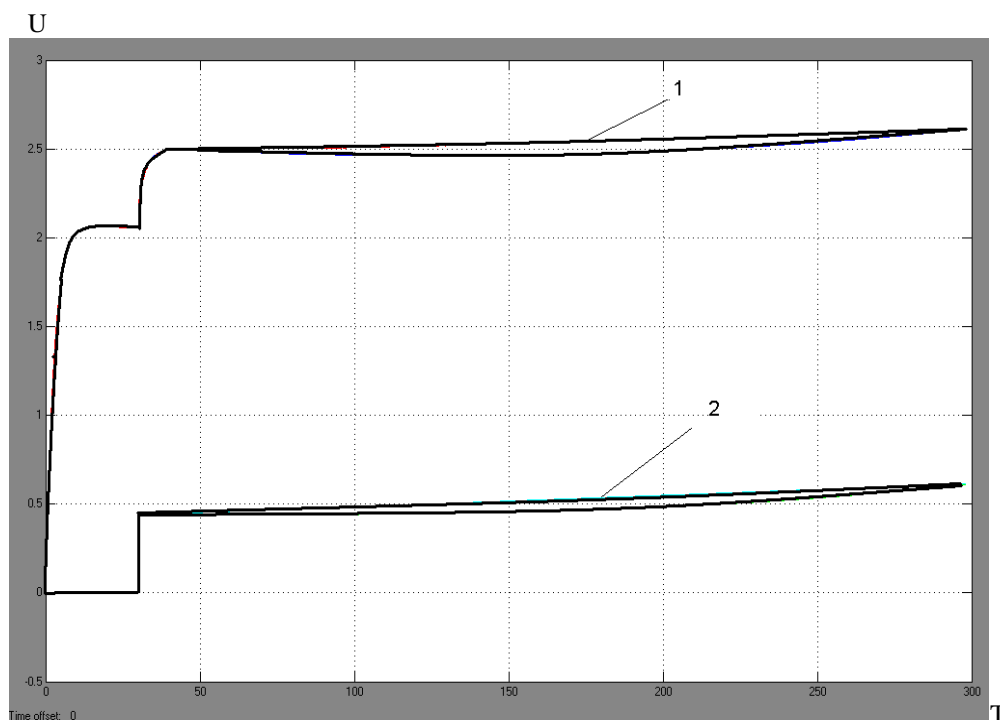


Рис. 4. Характеристики переходных процессов в системе управления углом поворота буровой колонны

– исследовать и оценивать качественные показатели переходного процесса замкнутой системы регулирования угловой скорости вращения приводного электропривода ротора бурового станка, рассчитывать рациональные параметры настройки регулятора для получения переходного процесса без перерегулирования, тем самым повышая точность пространственного ориентирования буровой колонны.

– определять и учитывать влияние динамических параметров на точность установки буровой колонны, за счет введения обратной связи по положению бурового снаряда в систему управления процессом бурения.

Список литературы

1. Аглиуллин Ю.Ф. Автоматическая система ориентации бурового инструмента / Ю.Ф. Аглиуллин, И.Ф. Нугаев / Электроника, автоматика и измерительная техника: межвузовский сборник научных трудов с международным участием. –Уфа: УГАТУ, 2011. -331 с. ISSN 0455-8576
2. Герман - Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в МАТЛАБ 6.0 / С.Г Герман - Галкин : Учебное пособие. –СП. : КОРОНА принт, 2001. – 320 с. ISSN 6840-2308
3. Гульятев А.К. МАТЛАБ 5.3. Имитационное моделирование в среде Windows / А.К. Гульятев - Практическое пособие .- СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 400 с. ISSN 4895-0895
4. Зимин Е.Н. Автоматическое управление электроприводами / Е.Н. Зимин, В.И. Яковлев / Учеб. Пособие для студентов вузов.- М.: Высш.школа, 1979. -318 с., ил. ISSN 0564-6898
5. Ковшов Г.Н., Алимбеков Р.И., Шибер А.В. Инклинометры (основы теории и проектирования) / Г.Н. Ковшов, Р.И. Алимбеков, А.В. Шибер – Уфа : ГИЛЕМ, 1998. – 380 с. ISSN 0237-6904
6. Чиликин М.Г. Теория автоматизированного электропривода / М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер - Учеб. Пособие для вузов/ – М.: Энергия, 1979. – 616 с. ISSN 7685-9965
7. Крупович В.И. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / В.И. Крупович, Ю.Г. Барыбин, М.Л. Самовер – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоиздат, 1982. -416 с., ISSN 0761-0385
8. Сандлер А.С.Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями. /А.С. Сандлер, Р.С. Сарбатов // «Энергия», 1974. – 328 с., ISSN 9875-7664
9. Ковшов Г.Н Автоматизированная система управления ориентации бурового инструмента с использованием электропривода роторного стола бурового станка Г.Н. Ковшов, И.В. Рьжков, А.В. Ужеловский - Горная электромеханика и автоматика, Днепропетровск 2013 г. ISSN 0201-7814

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Хіловим В.С.