И.М. ЯЛТАНЕЦ
А.В. МАКАРОВ
В.А. КАЗАКОВ
П.О. ИСАЕВ

ПРАКТИКУМ ПО ПРОЦЕССАМ И ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

СТРОЙТЕХИЗДАТ

УДК 622.271.3(0.75.8)
ББК 33.22
Я52

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых» СанПиН 1.2.1253—03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (*ОСТ 29.124—94*). *Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.014367.12.15*

Экспертиза проведена Методическим советом НИТУ МИСиС (*протокол № 2 от 20.06.2016*)

Рецензенты:

- д-р техн. наук, проф. *В.П. Дробаденко* (зав. кафедрой «Геотехнология и комплексное освоение россыпных и морских месторождений» Российского государственного геологоразведочного университета);
- д-р техн. наук, проф. *В.И. Александров* (зав. каф. «Горные транспортные машины» Национального минерально-сырьевого Университета «Горный»);
- канд. техн. наук, главный инженер ОАО «Трест Энергогидромеханизация» *И.В. Липский*

Ялтанец И.М., Макаров А.В., Казаков В.А., П.О. Исаев

Я52 Практикум по процессам и технологии открытых горных и строительных работ: Учеб. пособие для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство «Горная книга», 2016. — 519 с.

ISBN 978-5-98672-440-9

Приведены примеры решения задач по основным производственным процессам, технологии и проектированию отдельных технологических комплексов открытой разработки месторождений полезных ископаемых с использованием экскавационных машин и средств гидромеханизации. Дан пример экономической оценки проектного решения. Книга содержит значительный объем справочного материала, позволяющего найти оптимальное решение задач с применением экономико-математического моделирования.

И.М. Ялтанец — д-р техн. наук, проф. кафедры «Геотехнологии освоения недр»; *А.В. Макаров* — генеральный директор ЗАО «Компания МТА»; *В.А. Казаков* — канд. техн. наук, доц. кафедры «Геотехнологии освоения недр»; *П.О. Исаев* — горный инженер ООО «НПО «Гольфстрим».

Для студентов вузов, обучающихся по специализации «Открытые горные работы» направления подготовки дипломированных специалистов «Горное дело». Может быть использована студентами других специальностей, а также инженерно-техническими работниками предприятий и организаций, занимающихся горными работами.

ISBN 978-5-98672-440-9 УДК 622.271.3(0.75.8)
ББК 33.22

© И.М. Ялтанец, А.В. Макаров, В.А. Казаков, П.О. Исаев, 2016
© Издательство «Горная книга», 2016
© Дизайн книги. Издательство «Горная книга», 2016

9 785986 724409

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель настоящего, третьего издания пособия «Практикум по процессам и технологии открытых горных и строительных работ» — приобретение студентами навыков самостоятельного решения различного рода горных задач, выполняемых на практических и самостоятельных занятиях, при курсовом и дипломном проектировании (первое и второе издание пособия вышли в 1996, 2003 гг.)

Содержание пособия определяется знаниями, полученными студентами по направлению «Горное дело» при изучении цикла общетехнических дисциплин для бакалавров («Основы горного дела», «Процессы открытых горных работ», «Эксплуатация карьерного оборудования», «Технология и комплексная механизация открытых горных работ») и цикла дисциплин специальной подготовки для горных инженеров и магистров («Гидромеханизированные и подводные горные работы», «Проектирование карьеров», «Технология горного производства»).

Инженер (магистр) в результате обучения в вузе по специализации «Открытые горные работы» должен знать, как влияют физико-механические свойства разрабатываемых пород на основные производственные процессы, технологию и комплексную механизацию ведения горных и строительных работ в зависимости от горно-геологических и климатических условий. После окончания вуза он должен уметь производить инженерные расчеты по подготовке горной массы к выемке, выемке горной массы, транспортировке на обогатительную фабрику или к потребителю, а также по экономической эффективности проектного решения.

Методические положения учебного пособия базируются на опыте аудиторных занятий, проводимых преподавателями кафедры «Технология, механизация и организация открытых горных работ» МГГУ (ныне «Технологии освоения недр» Горного института НИТУ «МИСиС»).

Варианты решения задач на практических занятиях приводятся в различных главах книги. Для удобства решения поставлен-

ных задач в приложении даны физико-механические свойства четвертичных (наносов) и коренных (полускальных и скальных) пород, технические характеристики горного, транспортного оборудования и средств гидромеханизации (табл. П1—П90).

В данной книге значительное место уделено решению задач по гидромеханизации горных и строительных работ, так как на объединенной кафедре «ГеоТех» продолжается выпуск горных инженеров-гидромеханизаторов. Студенты IV и V курсов закрепляют полученные в Горном институте теоретические знания на производственной и преддипломной практиках в гидромеханизированных организациях, где используются новые технологии и высокоэффективное гидрооборудование.

Особо необходимо отметить, наряду с другими организациями, компанию «Трансгидромеханизация», которая с использованием плавучих землесосных снарядов на территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, в условиях непроходимых болот и мерзлоты, производит разработку подводных песчаных грунтов и намыв оснований железных и автомобильных дорог, мостовых подходов, площадей под промышленное и гражданское строительство, обустройство нефтяных и газовых месторождений.

При подготовке отдельных разделов пособия были учтены советы сотрудников бывшей кафедры ТО, возглавляемой проф. Д.В. Пастихиным, при подборе ряда материалов и выполнения некоторых расчетов оказал помощь горный инженер И.О. Исаев.

При обработке и оформлении графического материала и подборе отдельных материалов по оборудованию принимали участие научные работники «Проектно-экспертного центра» Горного института, возглавляемого проф. В.И. Супруном, С.А. Радченко, К.С. Ворошилин, А.В. Стромоногов, Ю.С. Полянская.

Ценные замечания и советы получены от рецензентов рукописи проф., докт. техн. наук В.П. Дробаденко, проф., докт. техн. наук В.И. Александрова, канд. техн. наук И.В. Липского.

Авторы выражают искреннюю благодарность перечисленным лицам и кафедре.

Глава 1

К ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Использование энергии воды для разработки горных пород уходит в глубь веков. Так, в I в. до н. э. с помощью энергии воды разрабатывались россыпи золота и олова. При строительстве вода применялась для проходки каналов, траншей и оросительных систем.

Первый плавучий землесосный снаряд (с поршневым грунтовым насосом) был применен во Франции в 1859 г. А первые сведения об отечественной гидромеханизации относятся к 1867 г., когда на одном из золотых приисков Восточной Сибири была испытана гидромониторная установка, а на р. Неве — плавучий землесос.

Благодаря трудам русских ученых П.П. Мельникова и И.А. Тима, которые впервые разработали теоретические основы гидравлического размыва и гидротранспорта горных пород, в России в конце XIX — начале XX в. гидравлический способ начал широко применяться на Забайкальских и Ленских золотых приисках.

Развитию гидромеханизации в России способствовало также создание в 1874 г. Акционерного товарищества «Гидротехник», которое выполняло дноуглубительные работы и вело добычу песка на Волге и в Бакинской бухте Каспия.

В связи с развитием судоходства и морских портов России в 1888 г. в Голландии был закуплен первый самоотвозной снаряд «Либава», который показал положительные качества при работе на открытой морской акватории Ревельского порта (г. Таллин).

В 1916 г. на Николаевском судостроительном заводе впервые в России был построен отечественный паровой самоотвозной

землесосный снаряд, предназначенный для выполнения дноуглубительных работ. К 1917 г. в составе дноуглубительного флота России числилось уже около 20 землесосных снарядов, в основном, голландского, германского и английского производства.

В 1914 г. по инициативе русского инженера Р.Э. Классона гидравлический способ был применен для добычи торфа, а в 1915 г. — при опытной гидравлической отбойке угля на шахте «София» в Макеевке (Донбасс).

Широкое развитие гидромеханизации в горном деле началось с 1928 г. после успешной разработки озокерита на о. Челекен (Каспийское море), организованной проф. Н.Д. Холиным. Затем, в 1929 г., гидромеханизация была успешно использована при строительстве Днепрогэса.

В 1935–1936 гг. при строительстве канала им. Москвы под руководством Н.Д. Холина было смонтировано 95 гидромеханизированных установок, которые разработали более 10,5 млн м^3 грунта. Так, в Ореховском районе, на пересечении канала с р. Сестры и на р. Волга у с. Иваньково, были намыты три плотины высотой 16,5, 21,0 и 22,5 м соответственно, суммарный объем при этом составил свыше 1,1 млн м^3.

В этот же период были созданы первые отечественные грунтовые насосы (землесосы), электрические земснаряды, разработаны технологии гидравлической выемки и обогащения песка и гравия с большим содержанием валунов, а также методы возведения намывных плотин. К настоящему времени отечественная прикладная наука, основываясь на практических результатах и опережающих лабораторных исследованиях, накопила значительный багаж знаний в области гидромеханизации.

Значительный вклад в развитие отечественной гидромеханизации внесли ученые и практики:

в *горном деле*: Н.Д. Холин, Н.В. Мельников, Г.А. Нурок, Н.Н. Медников, И.М. Ялтанец, В.И. Шелоганов, Л.Н. Кашпар, А.М. Гальперин, Ю.В. Кириченко, Е.А. Кононенко, В.И. Александров и др.; в *теории гидромониторной струи*: Г.А. Абрамович, Г.Н. Роер, Г.П. Никонов, С.С. Шавловский, Г.А. Нурок, В.Ф. Хныкин и др.; на *железорудных карьерах и в гидротех-*

ническом строительстве: С.Б. Фогельсон, Н.А. Лопатин, Н.А. Волнин, В.А. Мелентьев, Л.И. Огурцов, А.П. Юфин и др.; в *гидромелиоративных работах*: А.М. Царевский, Д.Л. Меламут и др.; в транспортном строительстве: Н.П. Дьяков, В.И. Глевицкий и др.; в *скважинной гидродобыче*: В.Ж. Аренс, Д.Н. Шпак, Н.И. Бабичев, В.Л. Колибаба и др.; в *теории подводной разработки горных пород* (*грунтов*): И.И. Михеев, Д.В. Рощупкин, С.П. Огородников, А.И. Харин, В.А. Балябин и др.; в *области переработки*, *обогащения и классификации материалов*: С.А. Дементьев, П.В. Ляшенко, В.В. Длоугий, Д.М. Минц, Т.И. Пеняскин, С.В. Овчарук, А.Э. Тухель и др.; в *теории гидротранспорта горных пород*: В.В. Трайнис, А.Е. Смолдырев, В.С. Кнороз, Н.А. Силин и др.; в *гидравлической разработке россыпей*: С.М. Шорохов, Г.М. Лезгинцев, В.Г. Лешков, В.П. Дробаденко, В.Ф. Хныкин, С.В. Потемкин, Н.Г. Малухин и др.; в *области разработки и создания нового оборудования гидромеханизации*: В.А. Мороз, Б.М. Шкундин, Е.П. Жарницкий, Л.М. Молочников, Л.А. Смойловская и др.; по *проблемам гидромеханизированных работ в сложных погодно-климатических условиях*: Ю.А. Попов, А.А. Цернант, Е.А. Бессонов и др.; в *гидромеханизации дноуглубительных работ*: А.С. Стариков, К.А. Пятницкий, Н.Г. Упоров, А.П. Уваров, Я.Ф. Бородулин, Н.Ф. Попов и др.; по *проблемам морской добычи полезных ископаемых*: Г.А. Нурок, В.В. Ржевский, Ю.В. Бубис, В.А. Лобанов, Ю.В. Бруякин и др.; в *гидравлической разработке сапропелевых месторождений*: В.Б. Добрецов, А.В. Согин, Н.Н. Арефьев, В.А. Дементьев, С.М. Штин и др.

Глава 2

ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Основные производственные (технологические) процессы на открытых горных работах механизированы. Преобладающими способами механизации технологических процессов являются экскаваторный, гидравлический, и их сочетание — комбинированный. При комбинированном способе, как правило, выемка породы осуществляется экскавационными или экскавационно-транспортирующими машинами (экскаваторами, бульдозерами, автопогрузчиками), а транспортирование и укладка — средствами гидромеханизации (насосно-гидромониторно-землесосными комплексами, плавучими землесосными снарядами) с использованием энергии движущейся воды.

2.1. Экскаваторный способ механизации производственных процессов

Задача № 1

Определить, по В.В. Ржевскому, общие показатели трудности осуществления основных производственных процессов.

Дано: пределы прочности горной породы при сжатии, сдвиге и растяжении соответственно равны: $\sigma_{сж}$ = 160 МПа, $\sigma_{сдв}$ = 45 МПа, $\sigma_{раст}$ = 25 МПа; плотность породы γ = 33 Н/дм^3 (γ = 3,3 т/м^3); коэффициент, учитывающий трещиноватость горной породы, $K_т$ = 1,04; влажность перевозимой породы W = 0,09; температура воздуха t = 15 °С; продолжительность транспортирования породы $T \approx$ 0,97 ч; содержание в породе глинистых частиц n = 0,1; средний размер кусков породы (в развале) в транспортном сосуде $d'_{ср}$ = 0,37 м; коэффициент разрыхления породы в развале $K_р$ = 1,12.

Решение

1. Общий показатель трудности разрушения породы (формула (2.5) [27]):

$$П = 0{,}05\ [K_т\ (\sigma_{сж} + \sigma_{сдв} + \sigma_{раст}) + \gamma] =$$

$$= 0{,}05\ [1{,}04\ (160 + 45 + 25) + 33] = 13{,}6.$$

По трудности разрушения породы относятся к III классу — скальные породы средней трудности разрушения. При $П_р = 13{,}6$ подготовка пород к выемке осуществляется взрывным способом.

2. Относительный показатель трудности бурения породы (формула (4.1) [27]):

$$П_б = 0{,}07\,(\sigma_{сж} + \sigma_{сдв} + \gamma) = 0{,}07\ (160 + 45 + 33) = 16{,}7.$$

По трудности бурения породы относятся к IV классу буримости — весьма труднобуримые. При $П_б = 16{,}7$ бурение скважины осуществляется станками шарошечного вида.

3. Удельный эталонный расход взрывчатых веществ (формула (5.5) [27]):

$$q_э = 0{,}2\,[\sigma_{сж} + \sigma_{раст} + \sigma_{сдв}) + \gamma] =$$

$$= 0{,}2\ [(160 + 25 + 45) + 33] = 52{,}5\ г/м^3.$$

Данные породы по трудности дробления взрывом относятся к III классу дробления взрывом — трудновзрываемые.

4. Относительный показатель трудности экскавации (для взорванных пород) (формула (6.4) [27]):

$$П_э = 0{,}022\left(A + \frac{10A}{K_p^9}\right) = 0{,}022\left(164{,}66 + \frac{10 \cdot 164{,}66}{1{,}12^9}\right) = 16{,}7,$$

где $A = 10 \cdot \gamma \cdot g \cdot d_{ср} + \sigma_{сдв} = 10 \cdot 3{,}3 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}37 + 45 = 164{,}66$.

Разрушенные взрывом породы относятся к IV классу экскавируемости горных пород. При $П_э = 16{,}7$ выемочно-погрузочные работы необходимо осуществлять экскаваторами типа ЭКГ.

5. Относительный показатель трудности транспортирования пород (взорванных) (формула (11.1) [27]):

$$П_т = 0{,}06\ \gamma + 5\ d'_{ср}\ A + 20\ W\ n\ B\ C =$$

$$= 0{,}06 \cdot 3{,}3 + 50{,}37 \cdot 5{,}5 + 20 \cdot 0{,}09 \cdot 0{,}01 \cdot 1{,}3 \cdot 1 = 10,$$

где $A = 1 + 0{,}1\ \sigma_{сдв} = 1 + 0{,}1 \cdot 45 = 5{,}5$; $B = 1 + \lg\ (T + 1) = 1 + \lg\ (0{,}97 + 1) = 1{,}3$; $C = 1 - 0{,}025 \cdot t = 1$ (t — температура воздуха, которая учитывается при $t \leq 0$ °С).

По трудности транспортирования породы относятся к V классу — весьма транспортируемые; целесообразно применение железнодорожного транспорта.

Задача № 2

Определить параметры рыхления и производительность навесного тракторного рыхлителя Д-652АС при параллельных проходах.

Дано: показатель трудности разрушения породы $П_р = 4$ (мягкий известняк).

Решение

Исходя из показателя $П_р$ и используя табл. 3.2 [19], определяем возможное заглубление зуба рыхлителя $h_з$, техническую скорость рыхления $V_р$ и угол наклона стенок прорези α ($h_з = 0{,}7$ м; $V_р = 1{,}1$ м/с; $\alpha = 45°$).

Оптимальное расстояние между смежными проходами устанавливается из равенства:

$$C_о = k_1\, h_3 \operatorname{ctg} \alpha + 0{,}5\ b_с = 1 \cdot 0{,}7 \cdot 1 + 0{,}5 \cdot 0{,}5 = 0{,}95 \text{ м}.$$

Глубина эффективного рыхления массива составляет:

$$h_з = \frac{1}{k_1}\left[k_2 h_з - \frac{\operatorname{tg}\alpha}{2}(C_{с.п} - b_c\right] =$$

$$= \frac{1}{1}\left[0{,}8 \cdot 0{,}7 - \frac{\operatorname{tg} 45°}{2}(0{,}95 - 0{,}5\right] = 0{,}335 \text{ м},$$

где $k_1 = 1$ — коэффициент из табл. Ш.12 [19]; $k_2 = 0{,}8$ — коэффициент, учитывающий влияние трещиноватости пород из табл. III.12 [19]; $b_с = 0{,}5$ — из табл. III.12 [19]; $C_{с.п}$ — расстояние между смежными параллельными проходами ($C_{с.п} \approx C_о$).

Производительность тракторного рыхлителя (часовая):

$$Q_{р.ч} = \frac{3600 C_{с.п} h_з K_и}{\dfrac{1}{V_р} + \dfrac{\tau}{L}},\ \text{м}^3/\text{ч},$$

где τ — суммарное время на переезд рыхлителя на следующую борозду, с; L — длина параллельного хода ($L = 250$ м). Принимая $\tau = 30$ с,

$$Q_{р.ч} = \frac{3600 \cdot 0,95 \cdot 0,335 \cdot 0,8}{\frac{1}{1,1} + \frac{30}{250}} = 1553\text{, м}^3\text{/ч.}$$

Сменная производительность рыхлителя Д-652АС

$$Q_{р.см} = Q_{р.ч} \cdot T = 1553 \cdot 8 = 12\ 424 \text{ м}^3\text{/смену,}$$

где T — продолжительность смены, ч; $K_и$ — коэффициент использования рыхлителя в течение смены ($K_и$ = 0,7÷0,9).

Задача № 3

Обосновать вид бурения и модель бурового станка.

1. *Дано*: $\sigma_{сж}$ = 114,5 МПа; $\sigma_{сдв}$ = 20,5 МПа; γ = 30 Н/дм^3; породы III класса по взрываемости; экскаватор ЭКГ-8И.

Решение:

Расчет относительного показателя трудности бурения породы (формула (10) [27]):

$$П_б = 7 \cdot 10^{-2}\,[(\sigma_{сж} + \sigma_{сдв}) + \gamma] =$$

$$= 0,07\,[(114,5 + 20,5) + 30] = 11,55 \approx 12.$$

Породы по трудности бурения относятся к III классу — труднобуримые.

В труднобуримых породах возможно использование станков шарошечного, пневмоударного и термического бурения. Однако два последних вида наиболее эффективны в весьма и исключительно труднобуримых горных породах. Поэтому в принятых условиях наиболее рационален шарошечный вид бурения (с. 52–54 [27]).

В горных породах с $П_б$ = 10÷14 наиболее рационально использование средних буровых станков (с. 59 [27]).

Диаметр буримости скважин при вместимости ковша E = 8 м^3:

$$d_c = 17 \cdot E + 122 = 17 \cdot 8 + 122 = 258 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайший стандартный диаметр скважин — 269 мм. По технической характеристике этим условиям соответствует буровой станок СБШ-250 МН.

2. *Дано*: экскаватор ЭКГ-5А; показатель трудности бурения $П_б = 6$.

Решение

Вид бурения, в первую очередь, определяется горно-технологическими характеристиками пород (буримостью). Исходя из исходных данных для наших условий, принимается шнековое бурение (с. 52–54 [27]).

Диаметр буримости скважин при вместимости ковша $E = 5$ м^3 и породах I–II класса по буримости ориентировочно можно определить по формуле:

$$d_c = 9{,}7 \cdot E + 122 = 9{,}7 \cdot 5 + 122 = 160{,}5 \text{ мм}.$$

Диаметр буровой скважины принимается 160,5 мм.

Для буримости пород с показателем трудности бурения $П_б = 6$ принимаем станок СБР-160. Станки типа СБР используются при бурении скважин диаметром 125, 160 и 200 мм в породах с показателем буримости $П_б = 1 \div 6$ [27].

Согласно справочным данным буровой станок СБР-160 должен работать в комплексе с погрузочными машинами с вместимостью ковша 3÷5 м^3. Режим работы экскаваторов при этом может быть принят трехсменный, а буровых станков — двухсменный.

Следовательно, вид бурения и модель бурового станка обоснованы верно.

Задача № 4

Рассчитать техническую скорость бурения и производительность бурового станка.

Дано: $\sigma_{сж} = 100$ МПа; $\sigma_{сдв} = 18$ МПа; $\gamma = 26$ Н/дм^3.

Решение

Показатель трудности бурения:

$$П_б = 7 \cdot 10^{-2} (\sigma_{сж} + \sigma_{сдв} + \gamma) =$$

$$= 0{,}07 \cdot (100{,}0 + 18{,}0 + 26] = 10{,}08 \approx 10.$$

Согласно классификации пород по буримости породы относятся к средней трудности бурения.

Принимается для бурения шарошечный станок 2СБШ-200Н, как рациональный при показателе $П_б$ = 6÷10 [27].

Оптимальная скорость вращения долота $n \approx 120$ об/мин = = 1,3 $с^{-1}$ (с. 61 [27]).

Техническая скорость бурения:

$$V_б = \frac{2,5 P_о n_b}{П_б d_д^2} 10^{-2} = \frac{2,5 \cdot 300 \cdot 1,3}{10 \cdot 0,214^2} 10^{-2} = 21,6 \text{ м/ч},$$

где $P_о$ — осевое усилие подачи бурового става ($P_о$ = 300 кН, с. 61 [27]); $d_д$ = 0,214 — диаметр долота, м.

Сменная производительность станка (без учета внеплановых простоев):

$$Q_б = \frac{T_{см} - (T_{п.з} + T_{р.п})}{t_о + t_b}, \text{ м/смену},$$

где $T_{см}$; $T_{п.з}$; $T_{р.п}$ — соответственно продолжительность смены, подготовительно-заключительных операций и регламентированных перерывов, ч; t_b = 0,03 ч/м — вспомогательное время бурения 1 м скважины (при шарошечном бурении t_b = 0,033÷0,066).

Основное удельное время бурения, ч/м

$$t_о = \frac{1}{V_1} = \frac{1}{21,6} = 0,046;$$

$T_{п.з} + T_{р.п}$ = 1 ч; $T_{см}$ = 8 ч.

Сменная производительность станка:

$$Q = \frac{8-1}{0,046-0,033} = 92, \text{ м/смену}.$$

Задача № 5

Определить эталонный и проектный удельный расход ВВ для вскрышных пород (плотный мел) и полезного ископаемого (железистые кварциты). Указать класс и трудность взрывания.

Дано: вскрышные породы ($\sigma_{сж}$ = 45 МПа; $\sigma_{сдв}$ = 18 МПа; $\sigma_{раст}$ = 8,5 МПа; γ = 24 Н/дм^3; размер отдельности в массиве $l_{ср}$ = 0,8 м, породы сухие); полезное ископаемое ($\sigma_{сж}$ = 130 МПа;

$\sigma_{сдв}$ = 29 МПа; $\sigma_{раст}$ = 11 МПа; γ = 35 Н/дм^3; $l_{ср}$ = 0,7 м, породы обводнены); выемка пород производится карьерным экскаватором ЭКГ-8И; показатель трудности бурения $П_б$ = 6 (вскрышные породы), $П_б$ = 18 (полезное ископаемое); показатель трудности экскавации по взорванным породам $П''_э$ = 5÷7.

Решение

1. Удельный эталонный расход ВВ определяется по формуле (5.5) [27]:

$$q_э = 2\cdot10^{-1}\,(\sigma_{сж} + \sigma_{сдв} + \sigma_{раст} + \gamma),\ г/м^3.$$

На основе исходных данных имеем:

а) для вскрышных пород (плотный мел):

$$q_э = 0{,}2\,(45{,}0 + 18{,}0 + 8{,}5 + 24) = 19{,}1\ г/м^3,$$

данные породы средней трудности взрывания (II класс, 10-я категория);

б) для полезного ископаемого:

$$q_э = 0{,}2\,(130{,}0 + 29{,}0 + 11{,}0 + 35) = 41\ г/м^3.$$

Полезное ископаемое представлено исключительно трудновзрываемыми железистыми кварцитами (V класс, 21-я категория).

2. Проектный удельный расход ВВ определяется по формуле [11, 27]:

$$q_п = q_э\cdot K_{ВВ}\cdot K_д\cdot K_T\cdot K_{сз}\cdot K_V\cdot K_{сп},\ г/м^3,$$

где $K_{ВВ}$ — переводной коэффициент от аммонита № 6ЖВ; $K_д$ — коэффициент, учитывающий потребную степень дробления ($K_д = 0{,}5/d_{ср}$; $d_{ср}$ — требуемый средний размер куска взорванной породы, м; $d_{ср} = 0{,}15\div0{,}2\sqrt[3]{E}$, м); $K_т$ — коэффициент, учитывающий трещиноватость породного массива,

$$K_т \approx 1{,}2\,l_{ср} + 0{,}2.$$

где $l_{ср}$ — средний размер структурного породного блока, м; $K_{сз}$ — коэффициент, учитывающий степень сосредоточенности зарядов ВВ; K_V — коэффициент, учитывающий влияние объема взрываемой породы:

$$K'_V = \sqrt[3]{\frac{15}{H_у}} \text{ при } H_у \le 15 \text{ м};$$

$$K''_V = \sqrt[3]{\frac{H_у}{15}} \text{ при } H_у > 15 \text{ м};$$

где $K_т$ — коэффициент, учитывающий число свободных поверхностей $n_с$ взрываемой части массива (при $n_с = 5$, $K_{сп} = 5$; при $n_с = 4$, $K_{сп} = 4$; при $n_с = 3$, $K_{сп} = 6$; при $n_с = 2$, $K_{сп} = 8$; при $n_с = 1$, $K_{сп} = 10$;); $H_у$ — высота разрабатываемого уступа, м.

Для взрывания вскрышных пород с учетом исходных данных вид ВВ выбираем по табл. 2.1. С учетом сухих скважин выбирается зернгранулит 79/21. Из табл. 2.1 значение $K_{ВВ} = 1{,}0$. Величина $K_д = 0{,}5/d_{ср}$.

Для средневзрываемых пород:

$$d_{ср} = (0,15 - 0,2)\sqrt[3]{E}\text{, м.}$$

В нашем случае $d_{ср} = 0,2\sqrt[3]{8} = 0,4$ м, отсюда $K_д = 0{,}5/0{,}4 = 1{,}25$.

Значение $K_т = 1{,}2 \cdot 0{,}8 + 0{,}2 = 1{,}16$.

Таблица 2.1

Расчетные коэффициенты эквивалентных зарядов ВВ по идеальной работе взрыва (эталон — аммонит № 6ЖВ)

ВВ	$K_{вв}$	ВВ	$K_{ВВ}$
Акватол М-15	0,76	Зернгранулит 79/21	1,0
Граммонал А-45	0,79	Зернгранулит	1,01
Карботал ГЛ-10В	0,79	Динафталит	1,08
Граммонал А-8	0,80	Ифзанит Т-80	1,08
Аммонит скальный № 1	0,80	Граммонал А-50	1,08
Аммонал скальный № 3	0,80	Акватол 65/35	1,10
Детонит М	0,82	Ифзанит Т-60	1,10
Алюмотол	0,83	Гранулит М	1,13
Гранулит АС-8	0,89	Игданит	1,13
Аммонал водоустойчивый	0,90	Акватол АВ	1,13
Акватол МГ	0,93	Гранулотол	1,20
Акватол АВМ	0,95	Ифзанит Т-20	1,20
Гранулит АС-4	0,98	Зернгранулит 30/70-В	1,20
Аммонит № 6ЖВ	1,0	Карботол 15Т	1,42

Значение $K_V = \sqrt[3]{\frac{15}{15}} = 1$.

При взрывании применяется короткозамедленное порядное взрывание, что характеризуется наличием двух свободных поверхностей, тогда

$K_{сп} = 8$.

В результате, с учетом значения $K_{сз} = 0{,}9$ (табл. 2.2) при $d_c = 160$ мм (скважины бурятся станком СВР-160),

$q_п = 19{,}1 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}16 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}0 \cdot 8 = 199$ г/м^3.

Для плотных мелов, слагающих вскрышную толщу, проектный удельный расход ВВ

$q_п = 199$ г/м^3.

Соответственно для железистых кварцитов в качестве ВВ используем алюмотол (скважины обводнены), $K_{вв} = 0{,}83$.

Так как полезное ископаемое исключительно трудновзрываемое, то

$d_{ср} = 0{,}15\sqrt[3]{E} = 0{,}3$ и $K_д = 1{,}6$.

Кварциты слаботрещиноватые и

$K_т \approx 1{,}2 \cdot 0{,}7 + 0{,}2 = 1{,}04$.

Значение

$K_V = \sqrt[3]{\frac{15}{15}} = 1$.

При взрывании применяется короткозамедленное взрывание (клиновая схема).

$K_{сп} = 6$, так как такой взрыв характеризуют три свободные поверхности.

Таблица 2.2

Значения $K_{сз}$ в зависимости от типа взрываемоети пород и диаметра скважин

Породы по взрываемости в массиве	Значение $K_{сз}$ при диаметре скважины, мм		
	100	200	300
Легковзрываемые	0,95÷1,0	1,0	1,05÷1,1
Средневзрываемые	0,85÷0,9	1,0	1,2÷1,25
Трудновзрываемые	0,7÷0,8	1,0	1,35÷1,4

Кварциты исключительно трудновзрываемые, берем d_c = 320 мм и $K_{сз}$ = 1,4 (см. табл. 2.2).

В результате имеем:

$$q_п = 41 \cdot 0{,}83 \cdot 1{,}6 \cdot 1{,}04 \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}0 \cdot 6 = 475 \text{ г/м}^3.$$

Для железистых кварцитов, представляющих полезное ископаемое, проектный удельный расход ВВ

$$q_п = 475 \text{ г/м}^3.$$

Для принятия окончательного решения по $q_п$ можно пользоваться табл. 2.3.

Задача № 6

Определить параметры взрывных скважин, сетку скважин для вскрышных пород и полезного ископаемого и изобразить графически.

Дано: показатели трудности бурения соответственно по вскрышным породам (плотный мел) и полезному ископаемому (железистые кварциты) $П_б$ = 6 и $П_б$ = 14; по вскрыше $\sigma_{сж}$ = 45 МПа, $\sigma_{сдв}$ = 18 МПа, $\sigma_{раст}$ = 9,5 МПа, γ = 25 Н/дм^3; $l_{ср}$ = 0,8 м; по полезному ископаемому $\sigma_{сж}$ = 140 МПа; $\sigma_{сдв}$ = 32 МПа, $\sigma_{раст}$ = 14 МПа, γ = 35 Н/дм^3, $l_{ср}$ = 0,5; высота уступа $H_у$ = 15 м; выемочно-погрузочные работы осуществляются экскаватором ЭКГ-8И.

Решение

Для определения требуемых параметров необходимо определить проектный удельный расход ВВ, выбрать диаметр скважины, обосновать требуемую кусковатость.

А. Расчет эталонного и проектного расхода ВВ произведен по формулам (5.5), (5.6) [27]:

$$q_э = 2 \cdot 10^{-1} (\sigma_{сж} + \sigma_{сдв} + \sigma_{раст} + \gamma), \text{ г/м}^3,$$

$$q_п = q_э \cdot K_{BB} \cdot K_д \cdot K_{сз} \cdot K_v \cdot K_T \cdot K_{сп}, \text{ г/м}^3,$$

где $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сдв}$, $\sigma_{раст}$ — свойства пород, МПа; K_{BB} — переводной коэффициент от аммонита № 6ЖВ; $K_д = 0{,}5/d_{ср}$, $d_{ср}$ — требуемый средний размер куска, м; $K_{сз}$ — коэффициент, учитывающий степень сосредоточенности заряда; K_V — коэффициент,

СОДЕРЖАНИЕ

Определение основных понятий открытых горных работ 5

Научные изречения 7

Предисловие 8

Глава 1. К ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ 10

Глава 2. ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ. 13

2.1. Экскаваторный способ механизации производственных процессов 13

Задача № 1. Определить, по В.В. Ржевскому, общие показатели трудности осуществления основных производственных процессов 13

Задача № 2. Определить параметры рыхления и производительность навесного тракторного рыхлителя Д-652АС при параллельных проходах. 15

Задача № 3. Обосновать вид бурения и модель бурового станка 16

Задача № 4. Рассчитать техническую скорость бурения и производительность бурового станка 17

Задача № 5. Определить эталонный и проектный удельный расход ВВ для вскрышных пород (плотный мел) и полезного ископаемого (железистые кварциты). Указать класс и трудность взрывания 18

Задача № 6. Определить параметры взрывных скважин, сетку скважин для вскрышных пород и полезного ископаемого и изобразить графически 22

Задача № 7. Рассчитать основные параметры взрывных работ 28

Задача № 8. Рассчитать сетку скважин 34

Задача № 9. Рассчитать величину заряда и схематично изобразить конструкцию заряда в скважине при взрывании кварцитов. 38

Задача № 10. Определить параметры развала при взрывании вскрышных пород и угля соответственно на дробление и сотрясение; изобразить развалы графически 40
Задача № 11. Определить производительность скрепера Д-567 по наносам и графически изобразить забой 45
Задача № 12. Определить производительность колесного полуприцепного скрепера Д-392 по наносам 46
Задача Ns 13. Определить сменную производительность бульдозера Д-575А по мягким породам 49
Задача № 14. Определить производительность камнерезной машины 50
Задача №15. Рассчитать показатели железнодорожного транспорта 51
Задача № 16. Рассчитать показатели автомобильного транспорта 57
Задача № 17. Рассчитать технологическую величину руководящего подъема траншеи при железнодорожном транспорте 60
Задача № 18. Рассчитать параметры экскаваторного отвалообразования 63
Задача № 19. Рассчитать провозную способность двухполосной автодороги для автосамосвалов БелАЗ-7549 65
Задача № 20. Рассчитать и графически изобразить серпантину для автосамосвала БелАЗ-7549 67
Задача № 21. Рассчитать параметры бульдозерного отвала для бульдозера Д-275 68
Задача № 22. Рассчитать производительность конвейера канатно-ленточного типа 69
Задача № 23. Рассчитать производительность ленточного конвейера типа КЛЗ-2 70
Задача № 24. Рассчитать и изобразить графически отвалообразование при использовании отвалообразователя ОШР-12500/220 71
2.2. Гидромеханизированный способ механизации производственных процессов 73
Задача № 1. Рассчитать параметры размыва пород гидромониторами. Изобразить гидромониторный забой на чертеже 73
Задача № 2. Рассчитать параметры гидромониторного размыва на рабочей площадке карьера и изобразить их графически 74
Задача № 3. Рассчитать параметры самотечного гидротранспорта вскрышных пород на внешний

гидроотвал и изобразить графически поперечное сечение деревянного лотка 77
Задача № 4. Определить производительность карьера по гидросмеси, длину фронта работ и ширину заходки при разработке обводненного песчано-гравийного месторождения земснарядом 350-50Т 79
Задача № 5. Рассчитать грунтозаборное устройство земснаряда с эжектором и гидрорыхлителем с центральными насадками. 81
Задача № 6. Определить оптимальную ширину и вычертить схему забоя при разработке россыпи драгой 250Д. 107
Задача № 7. Рассчитать параметры по охране поверхностных вод от загрязнения 109
Задача № 8. Рассчитать параметры водосбросных каналов . . 113
Задача № 9. Рассчитать параметры средств гидромеханизации при разработке россыпных месторождений. 116

Глава 3. ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ 133
Задача № 1. Определить углы откосов бортов карьера: нерабочего β и рабочего γ. 133
Задача № 2. Вычертить поперечное сечение карьера при текущей глубине разработки $H_т$ = 240 м и количестве рабочих уступов $n_у$ = 6. 134
Задача № 3. Определить скорость углубки горных работ $У_г$ на карьере. 135
Задача № 4. Определить текущую глубину карьера $H_т$ аналитическим методом для месторождения правильной формы (по В.В. Ржевскому). 135
Задача № 5. Определить конечную глубину карьера $H_к$ при тех же условиях, что в задаче № 4 (по В.В. Ржевскому) 137
Задача № 6. Определить графическим методом конечную глубину карьера по контурному коэффициенту вскрыши (по В.В. Ржевскому) 138
Задача № 7. Определить графическим методом конечную глубину карьера по текущему коэффициенту вскрыши (по В.В. Ржевскому) 139

Глава 4. КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ 142
Задача № 1. Рассчитать параметры основных производственных процессов гидромеханизации открытых горных работ. . . 142

Задача № 2. Рассчитать параметры основных производственных процессов и изобразить графически схемы ведения горных работ 156
Задача N° 3. Рассчитать параметры основных технологических процессов. 171
Задача N° 4. Выбрать тип земснаряда и определить параметры разработки и гидротранспорта. Изобразить графически земснаряд в забое 187
Задача № 5. Рассчитать параметры дражного забоя, производительность драги и игловую оттайку пород 194
Задача № 6. Рассчитать параметры основных производственных процессов при дражной разработке россыпного месторождения. 206
Задача № 7. Рассчитать параметры основных производственных процессов и технологии открытой разработки месторождений камня 230

Глава 5. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН 239
5.1. Алгоритм расчета параметров механического рыхления пород «MEHRUX». 239
5.2. Алгоритм выбора вида бурения и модели бурового станка «WIDBUR» 242
5.3. Алгоритм геометрического анализа карьерного поля по методу В.В. Ржевского для горизонтальных и пологих залежей «GEMAN». 255
5.4. Алгоритм выполнения проекта гидровскрышных работ с использованием насосно-гидромониторно-землесосных комплексов «GRUNAS» 260
5.5. Алгоритм выполнения проекта разработки обводненных песчано-гравийных месторождений с использованием землесосных снарядов «ZEMSNA» . . . 304
5.6. Алгоритм расчета параметров самотечного гидротранспорта «SAMGIDRO». 326
5.7. Решение задачи «Технология отработки вскрышных пород экскаваторами-драглайнами в комплексе со средствами гидромеханизации» с использованием ЭВМ 345

Глава 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ. 356
Задача № 1. Пример расчета основных экономических показателей дипломного проекта 356

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 381
Таблица П1. Варианты исходных данных 381
Таблица П2. Техническая характеристика станков ударно-вращательного бурения 382
Таблица П3. Технические характеристики станков вращательного шнекового бурения 384
Таблица П4. Технические характеристики станков шарошечного бурения. 386
Таблица П5. Технические характеристики станков вибровращательного бурения 387
Таблица П6. Техническая характеристика шнекобуровых машин ШБМ-500 388
Таблица П7. Техническая характеристика станков вращательного бурения скважин фирмы Atlas Copco. 392
Таблица П8. Техническая характеристика буровых станков для вращательного бурения скважин фирмы Bucyrus International 393
Таблица П9. Техническая характеристика буровых станков вращательного бурения фирмы Driltech концерна Tamrock. 394
Таблица П10. Техническая характеристика буровых станков вращательного бурения фирмы «P&P» (США) 395
Таблица П11. Техническая характеристика карьерных механических лопат (ПАО «Объединенные машиностроительные заводы») 396
Таблица П12. Технологические параметры гидравлических экскаваторов отечественного производства 398
Таблица П13. Технологические параметры гидравлических экскаваторов фирмы «Либхерр» 400
Таблица П14. Техническая характеристика экскаваторов HITACHI с рабочим оборудованием прямая лопата 401
Таблица П15. Техническая характеристика экскаваторов HITACHI с рабочим оборудованием обратная лопата 403
Таблица П16. Техническая характеристика шагающих экскаваторов-драглайнов. 405
Таблица П17. Техническая характеристика цепных экскаваторов, использующихся на горных предприятиях СНГ 407
Таблица П18. Техническая характеристика некоторых роторных экскаваторов отечественного и зарубежного производства 408
Таблица П19. Техническая характеристика машин фрезерного типа 410

Таблица П20. Техническая характеристика промышленных гусеничных тракторов 410
Таблица П21. Техническая характеристика промышленных пневмоколесных тракторов 411
Таблица П22. Техническая характеристика гусеничных бульдозерно-рыхлительных агрегатов ООО «Челябинский тракторный завод — УРАЛТРАК» (Челябинск) 412
Таблица П23. Техническая характеристика бульдозеров с неповоротным отвалом на пневмоколесном ходу 413
Таблица П24. Техническая характеристика скреперов. 414
Таблица П25. Техническая характеристика одноковшовых фронтальных погрузчиков, выпускаемых в Беларуси и России 415
Таблица П26. Техническая характеристика одноковшовых фронтальных погрузчиков, выпускаемых в Японии и США 415
Таблица П27. Среднее значение коэффициента разрыхления в транспортном сосуда 416
Таблица П28. Техническая характеристика универсальных полувагонов 418
Таблица П29. Техническая характеристика думпкаров Калининградского вагоностроительного завода 419
Таблица П30. Техническая характеристика специальных полувагонов 420
Таблица П31. Техническая характеристика электровозов и тяговых агрегатов 421
Таблица П32. Техническая характеристика тепловозов с гидромеханической передачей 424
Таблица П33. Техническая характеристика тепловозов с электромеханической передачей 424
Таблица П34. Техническая характеристика автосамосвалов Белорусского автозавода 425
Таблица П35. Техническая характеристика автосамосвалов некоторых зарубежных фирм. 426
Таблица П36. Техническая характеристика перегружателей. 427
Таблица П37. Техническая характеристика отвалообразователей 429
Таблица П38. Техническая характеристика одноковшовых строительных экскаваторов-драглайнов. 430
Таблица П39. Техническая характеристика одноковшовых строительных экскаваторов-мехлопат 431

Таблица П40. Техническая характеристика вскрышных экскаваторов 431
Таблица П41. Техническая характеристика автосамосвалов-углевозов 433
Таблица П42. Рациональные сочетания моделей экскаваторов и автосамосвалов на угольных разрезах 434
Таблица П43. Вид грунта в зависимости от соотношения фракций 434
Таблица П44. Фракции грунта различного состава 436
Таблица П45. Удельные расходы воды, напоры и уклоны площадок уступа по нормативам 437
Таблица П46. Расход воды через насадки гидромонитора при различных напорах перед насадкой 439
Таблица П47. Коэффициент использования установки 440
Таблица П48. Пористость пород и их плотность 440
Таблица П49. Гидравлическая крупность частиц и их диаметр при различных температурах воды и режимах течения при $\gamma_г = 2{,}65$ т/м^3 440
Таблица П50. Гидравлическая крупность частиц в зависимости от их диаметра при $\gamma_г = 2{,}65$ т/м^3 441
Таблица П51. Коэффициент, учитывающий влияние относительной крупности частиц грунта 441
Таблица П52. Техническая характеристика центробежных насосов типа Д (двустороннего входа) для чистой воды (ГОСТ 10272—77) 442
Таблица П53. Техническая характеристика грунтовых насосов и землесосов 444
Таблица П54. Техническая характеристика землесосных снарядов, выпускаемых ранее на Туапсинском механическом заводе 445
Таблица П55. Техническая характеристика землесосных снарядов, выпускаемых ранее на Цимлянском судомеханическом заводе 452
Таблица П56. Техническая характеристика землесосных снарядов производства ОАО «Завод гидромеханизации» (г. Рыбинск, Ярославская обл.) 456
Таблица П57. Техническая характеристика земснарядов производства ОАО «Коммерческий центр, транспорт и лес» ППП «Спецгидротехника» (г. Санкт-Петербург) 458
Таблица П58. Техническая характеристика земснарядов, выпускаемых Цимлянским судомеханическим заводом (г. Ростов-на-Дону) 460

Таблица П59. Техническая характеристика установок УГБ (г. Москва, НПЦ «Геотехнология») 461
Таблица П60. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (по ГОСТ 8732-78) 462
Таблица П61. Трубы стальные электросварные 462
Таблица П62. Характеристика трубопроводов 463
Таблица П63. Коэффициент транспортабельности грунта 463
Таблица П64. Коэффициент сопротивления чистой воды 463
Таблица П65. Состав бригад по обслуживанию гидроотвалов (хвостохранилищ) 464
Таблица П66. Состав бригад по обслуживанию насосных станций 464
Таблица П67. Техническая характеристика навесных рыхлителей 465
Таблица П68. Удельный расход при самотечном транспортировании пород [5] 466
Таблица П69. Значения плотности и пористости горных пород [24, 42] 466
Таблица П70. Значения коэффициента откоса *m* при высоте откоса до 5 м [243] 466
Таблица П71. Значения коэффициента откоса при высоте откоса до 10 м [13] 466
Таблица П72. Коэффициент шероховатости *n* различных поверхностей [24] 467
Таблица П73. Формулы для определения глубины потока соответствующей критической скорости [17] 467
Таблица П74. Значения коэффициента *B*, зависящего от свойств транспортируемых горных пород [2] 467
Таблица П75. Ориентировочная скорость гидросмеси при самотечном гидротранспорте [24] 468
Таблица П76. Ориентировочные уклоны при самотечном гидротранспорте [24] 468
Таблица П77. Возможные варианты исходных данных по расчету самотечного гидротранспорта 468
Таблица П78. Средние значения основных параметров ДШ 470
Таблица П79. Характеристики проводов для электровзрывания 473
Таблица П80. Характеристики электродетонаторов мгновенного действия 474
Таблица П81. Характеристики электродетонаторов короткозамедленного действия 475
Таблица П82. Характеристики взрывных приборов и машинок 476

Таблица П83. Классификация грунтов и пород по СНиП 476
Таблица П84. Характеристики системы инициирования «ЭДИЛИН». 480
Таблица П85. Разделители (с ДБИ 2) в зависимости от времени замедления 481
Таблица П86. Характеристики системы инициирования «СИНВ» 483
Таблица П87. Рекомендуемое внутрискважинное замедление . . . 485
Таблица П88. Интервалы замедления внутрискважинных детонаторов системы «Nonel MS» 489
Таблица П89. Интервалы замедлений внутрискважинных детонаторов системы «Nonel Unidet». 490
Таблица П90. Поверхностные соединительные блоки «Спэплайн». 490

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 491

Ялтанец И.М., *Кожевников Н.Н.* ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ НА ОСВОЕНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (Копия статьи в журнале «Гидротехническое строительство». — 2016. — № 4. — С. 2–8) 491

Список литературы 506