

PACS: 62.20.F, 91.10.Kg

А.О. Новиков¹, И.Н. Шестопапов¹, О.К. Мороз²

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ НШУ «ЯРЕГАНЕФТЬ» ООО «ЛУКОЙЛ-КОМИ»

¹Институт физики горных процессов, Донецк

²Донецкий национальный технический университет

Статья поступила в редакцию 23 января 2020 года

Проведено обследование и выполнен анализ состояния горных выработок, расположенных в пределах туффитового горизонта нефтешахтоуправления (НШУ) «Яреганефть». Установлены основные причины деформирования выработок. Предложены мероприятия, позволяющие повысить устойчивость поддерживаемых выработок.

Ключевые слова: горная выработка, технология добычи нефти, неудовлетворительное состояние выработок, качество работ по проходке, прорывы пара, потеря прочности пород, обрушения в выработке, прогноз состояния, мероприятия по повышению устойчивости

Добыча нефти в условиях Ярегского месторождения нефти осуществляется на трех действующих нефтешахтах (НШ-1, НШ-2, НШ-3). Каждая шахта представляет собой самостоятельное нефтедобывающее подразделение НШУ, внутри которого осуществляется весь комплекс мер по эксплуатации залежи: проведение горных выработок, бурение скважин, монтаж технологического оборудования, добыча, подготовка и перекачка нефти, ликвидация отработанных блоков.

Каждая шахта имеет обособленную систему проветривания горных выработок, тепло-, водо- и энергоснабжения, а также откачки попутной воды.

Ярегское месторождение представляет собой антиклинальную складку пород. Нефтеносный слой – трещиновато-пористый кварцевый песчаник мощностью до 40 м – разбит крутопадающими (под углами 60–80°) трещинами на многочисленные блоки разнообразных форм и размеров. Расстояния между соседними трещинами в среднем составляют 20–25 м при ширине раскрытия от нескольких миллиметров до 3 см. Выше нефтеносного слоя залегают слабые породы – туффиты, а ниже – титаносодержащие песчаники. Нефть относится к классу тяжелых (плотность 945 kg/m³) и обладает вязкостью от 5 до 20 Pa·s. Температура нефти в пласте – от 6 до 8°C, глубина залегания – 180–200 м.

Месторождение вскрыто тремя вертикальными стволами. Околоствольный двор и основные выработки расположены выше нефтеносного горизон-

та (в туффитах). Там же пройдены верхние галереи для подготовки к выемке панелями (рис. 1), от которых под углом 14–15° к почве нефтесодержащего пласта проходят уклоны, а от них – нижние галереи. С поверхности к нефтесодержащему пласту бурят паропарадающие скважины, а из нижней галереи – парораспределительные и добывающие скважины, нефть из которых собирают в зумпфах и откачивают на поверхность.

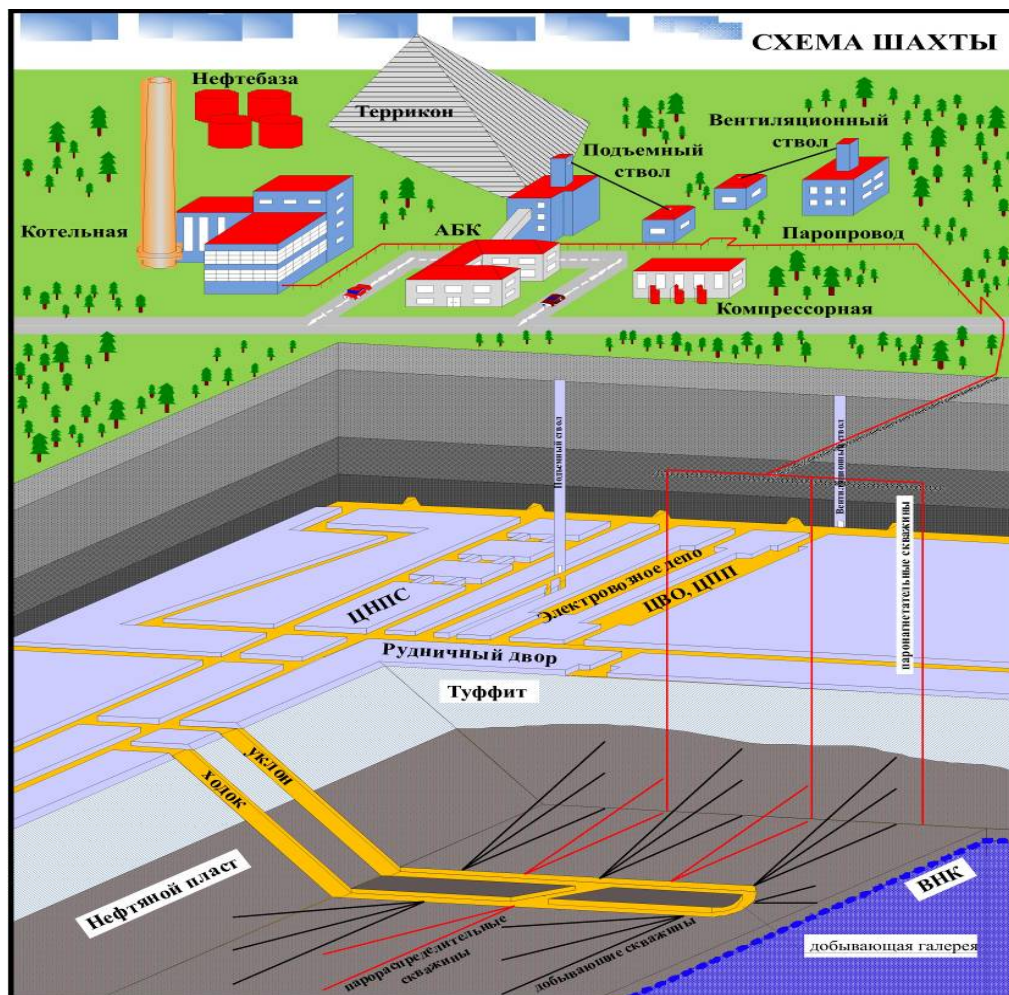


Рис. 1. Принципиальная схема нефтяной шахты в разрезе

В действующем проекте отработки Ярегского месторождения выделено два объекта разработки:

- нефтяная залежь основного горизонта (средняя + верхняя пачки пласта)
- объект термошахтной разработки;
- горизонт, приуроченный к нижней пачке пласта III, – объект комплексной разработки нефти и титана.

В настоящее время основные работы ведутся в центральной части месторождения, где осуществляется его промышленная эксплуатация по термошахтной технологии. Разрабатывают месторождение поэлементно.

На шахтах НШУ применяют следующие технологии термошахтной добычи нефти: двухгоризонтную, одногоризонтную, подземно-поверхностную и их модификации. При всех технологиях отбор жидкости ведут с помощью пологовосстающих и горизонтальных добывающих скважин, пробуренных из горных выработок (буровых галерей), расположенных в подошве нефтенасыщенной части пласта. Указанные технологии отличаются способом подачи пара в пласт.

Сущность двухгоризонтной технологии заключается в закачке разогретого водяного пара в нефтесодержащий пласт под большим давлением. При этом за счет конвективно-диффузионного переноса пара по пласту происходит разогрев нефти, который сопровождается снижением ее вязкости на три порядка (до 12–15 МПа·с).

По данным маркшейдерской службы НШУ, общая протяженность поддерживаемых горных выработок составляет 113 км, из которых 55.7% закреплена металлическими податливыми креплениями, 32.5% – деревянной крепью и 9.3% – бетоном. Выработки туффитового горизонта проводят по комбайновой технологии, а нефтеносного горизонта – по буровзрывной. При этом производительность труда проходчика при комбайновой технологии в 1.9 раза выше, чем при буровзрывной.

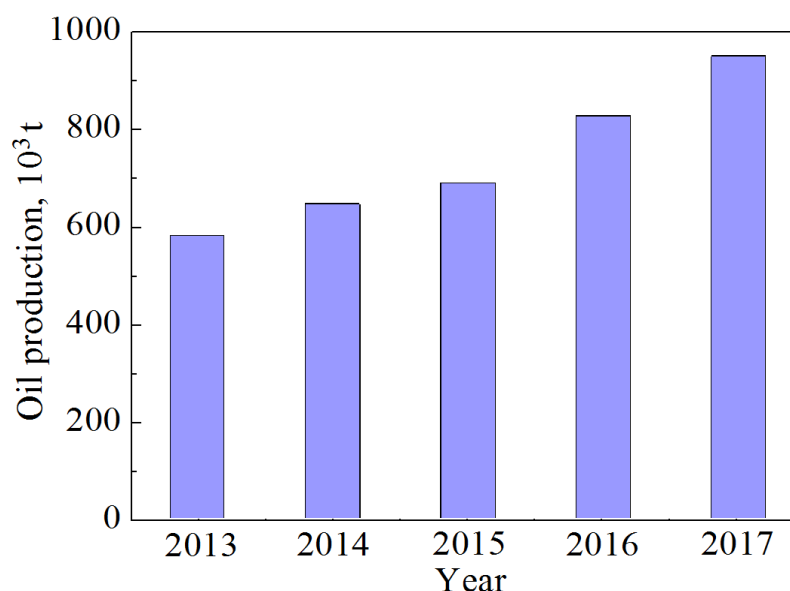


Рис. 2. Изменение объема добычи нефти по НШУ «Яреганефть»

В последние годы произошла резкая интенсификация добычи нефти на шахтах НШУ «Яреганефть» (рис. 2). Так, с 2013 по 2017 гг. она выросла в 2.33 раза и составила 946 тысяч тонн. Это привело к ухудшению состояния проводимых и поддерживаемых выработок и, как следствие, к увеличению объемов ремонтно-восстановительных работ, выполнение которых необходимо для своевременного введения блоков в эксплуатацию. Как видно из

фактических данных (рис. 3), в период с 2007 по 2017 гг. удельный объем породы, выдаваемой от ремонта выработок, вырос в 3.13 раза, а добыча нефти – в 1.63 раза (см. рис. 2).

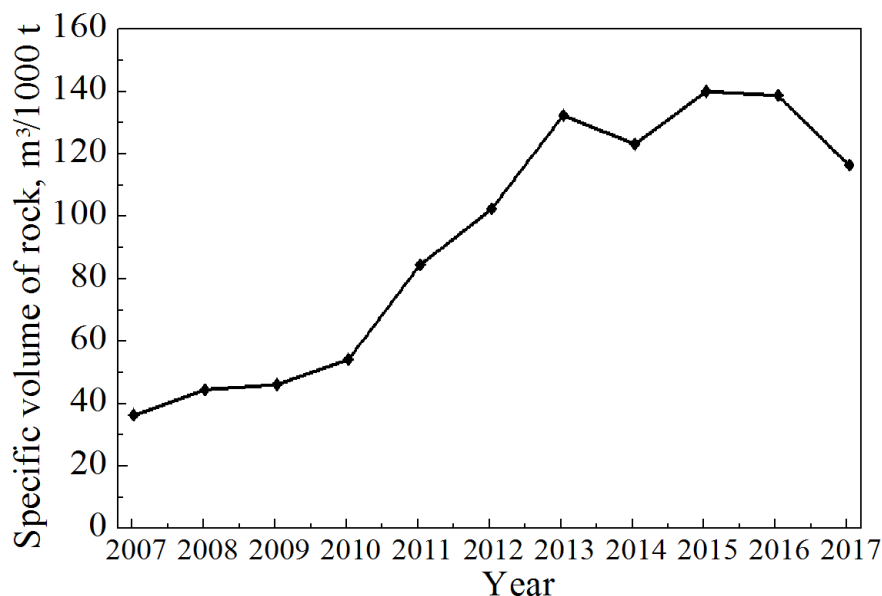


Рис. 3. Динамика изменения удельного объема породы, выдаваемой от ремонта выработок шахт НШУ, приходящегося на 1000 t добываемой нефти

Особенно остро эта проблема стоит для забоев проводимых горных выработок (рис. 4,а). Только по НШ-1 в период с 2014 по 2017 гг. удельный объем вывалов из проходческих забоев, приходящийся на 1000 t добываемой нефти, вырос в 14.5 раза. Ежегодный объем перекрепляемых выработок по НШ-1 составляет более 30% от объема проводимых. Это, в свою очередь, приводит к следующему:

- создаются трудности при подготовке в эксплуатацию новых добычных блоков;
- требуются значительные дополнительные материальные вложения на устранение последствий обрушений пород и приведение выработок в нормальное эксплуатационное состояние;
- увеличиваются издержки на добычу нефти.

При существующих технологических решениях по проведению и поддержанию подготовительных выработок только по НШ-1 в 2017 г. при протяженности поддерживаемых выработок 54853 m объем породы, выданной в результате ликвидации последствий обрушений, превысил 4400 m³. При этом было полностью перекреплено 2075 m выработок.

Наблюдаемое снижение темпов проведения выработок по НШУ происходит из-за несовершенства технологии их сооружения в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях. На этапе проведения выработок не включены дополнительные мероприятия, направленные на преду-

преждевание вывалообразования пород в проходческих забоях (по статистике высота обрушений составляет от 1.5 до 3.0 m), а также мероприятия, повышающие процент механизации основных процессов в забое и качество их выполнения.

Визуальное обследование состояния выработок на НШ-1, проведенное авторами, позволило оценить качество работ по креплению как низкое – не забучивается верхняя часть крепежных рам при переборах породы до 0.5 m и, как результат, не обеспечивается длительная устойчивость выработок.

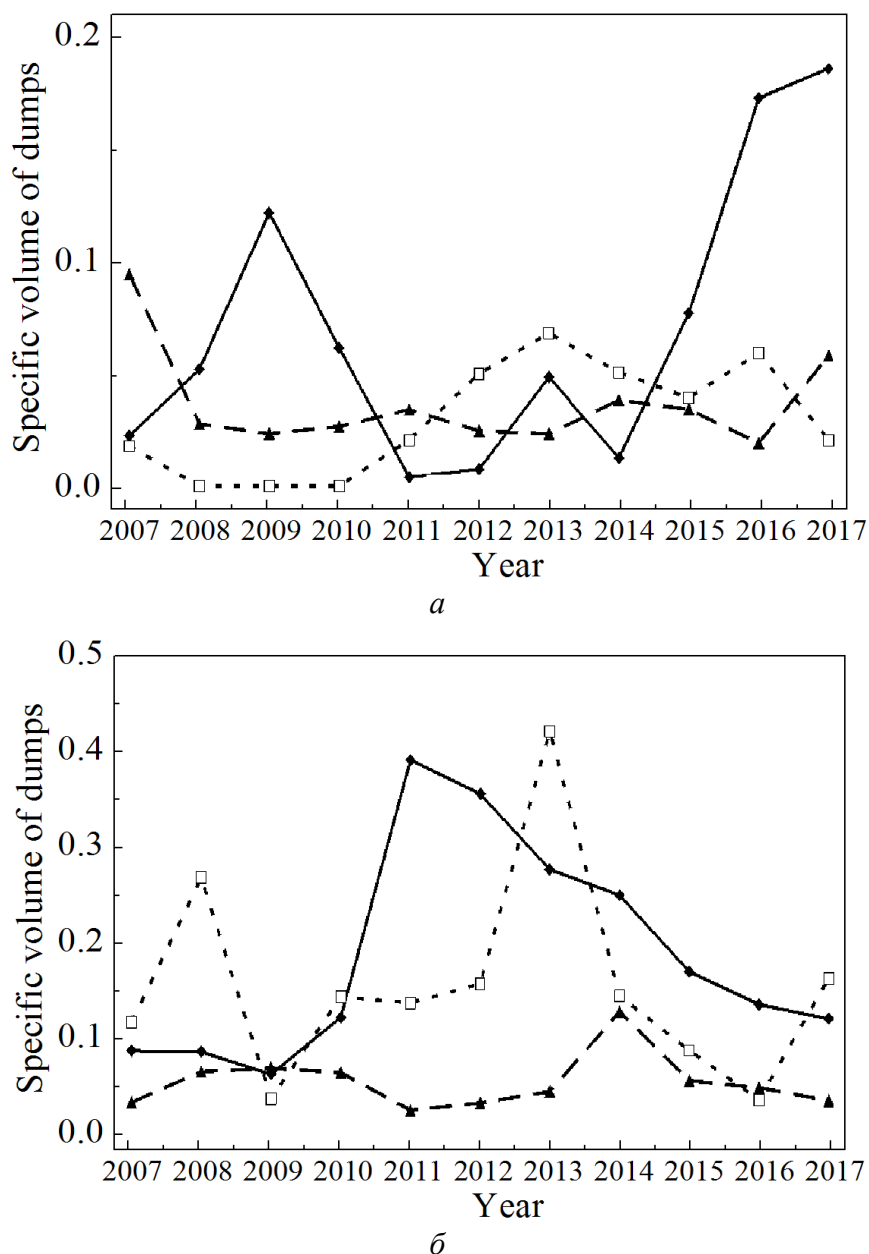


Рис. 4. Удельные объемы породы от вывалов, приходящиеся на 1 м³ в свету проводимых (а) и ремонтируемых (б) выработок по шахтам НШУ: ♦ – НШ-1, □ – НШ-2, ▲ – НШ-3

Несмотря на имеющийся положительный опыт применения на шахтах НШУ передовых технологий по заполнению пустот за крепью после обрушений пород, происходящих при проведении выработок, в выработках при выполнении ремонтных работ также происходят обрушения. При этом наблюдается тенденция к росту удельных объемов вывалов, приходящихся на 1 m^3 ремонтируемых горных выработок (рис. 4,б).

Следует также отметить, что существующая технология проведения и поддержания выработок на нефтешахтах не обеспечивает в полной мере их длительную устойчивость и безопасность труда рабочих.

Из-за прорывов пара через старые выработки, скважины и трещины на добычных участках (панель отрабатывается до 7 лет) ухудшаются физико-механические свойства вмещающих пород – они размокают и отслаиваются, обрушаясь в выработки. Деформации в выработках, закрепленных на шахтах как деревянной, так и металлической рамной крепью, представляют собой разрушения межрамного ограждения, приводящие к завалам (высота свода обрушения пород кровли достигает 10 м).

Выполненный авторами статьи анализ горно-геологических и горнотехнических условий разработки Ярегского нефтяного месторождения показал, что основными факторами, существенно влияющими на устойчивость проводимых и поддерживаемых горных выработок на нефтешахтах, являются следующие.

1. По геологическим данным о месторождении [1–4], за 80 лет его разработки на площади примерно 40 km^2 с поверхности и из подземных галерей было пробурено более 92 тыс. разведочных и технологических скважин длиной от 40 до 280 м. В частности, за период с 1968 по 2012 гг. только по НШ-1 было пробурено 580.07 км скважин на туффитовом горизонте и 1221.48 км – по нефтеносному песчанику. Вследствие буровых работ в массиве помимо имеющейся естественной трещиноватости возникает дополнительная техногенная трещиноватость (с шириной раскрытия трещин до 100 и более миллиметров), что существенно усложняет добычу нефти. Кроме того, изменяется кинетика фильтрационных свойств нефтесодержащего пласта.

2. Сведения о пространственном расположении всех подземных объектов в НШУ не систематизированы, что не позволяет получить полную и достоверную информацию, необходимую для принятия адекватных технологических решений по проведению и поддержанию выработок, а также затрудняет проектирование и ведение подготовительных и добычных работ вготавливаемых и отрабатываемых блоках.

3. Применяемая технология подачи пара к нефтесодержащему пласту (в том числе и технология герметизации скважин) не обеспечивает подведение пара непосредственно к пласту, что вызывает нагревание вмещающих пласт пород, ухудшая их физико-механические свойства и снижая устойчивость. Так, в ходе проведенных ранее исследований [5] было установлено, что в слабых породах (в том числе туффитах), в которых располагаются верхние галереи

панели, величина естественной прочности на сжатие в 12–16 МПа под действием пара снижется в 3–4 раза, а величина остаточной прочности – в 6 раз.

4. Теоретические исследования фильтрационных процессов в трещиновато-пористом массиве для условий Ярегского нефтяного месторождения [6] показали, что основные перемещения и массоперенос пара и флюидов при используемой технологии происходят по имеющимся в массиве системам трещин, что позволяет более достоверно прогнозировать места возможных прорывов пара при добычных работах.

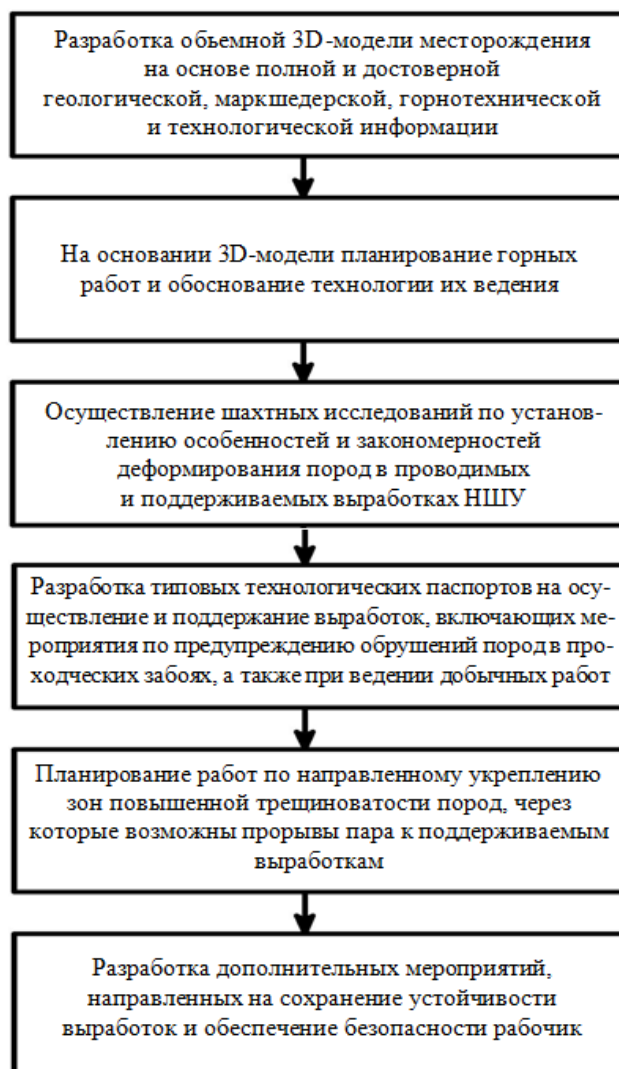


Рис. 5. Алгоритм решения проблемы обеспечения устойчивости выработок и повышения безопасности труда подземных рабочих НШУ

Авторами настоящей статьи разработан алгоритм (рис. 5) решения этих проблем, позволяющий:

– при проведении выработок минимизировать влияние негативных факторов за счет применения дополнительных мероприятий, включающих воз-

ведение межрамных ограждений, обеспечивающих возможность быстрой изоляции выработок, и осуществления тампонажа закрепного пространства;

– при подготовке к ведению добычных работ предусматривать поэтапную установку (при необходимости) крепи усиления с возможностью регулирования ее несущей способности.

В целом внедрение научных и инженерных решений, обеспечивающих повышение устойчивости выработок, а также снижающих вывалообразование и степень проницаемости вмещающих горных пород, позволит увеличить на 5–10% объем извлекаемой нефти, а также повысить безопасность труда рабочих НШУ.

1. Ю.П. Коноплев, Дис. ... д-ра техн. наук, Москва (2004).
2. <http://www.mining-enc.ru/sh/shaxtnaya-razrabotka-neftyanyx-mestorozhdenij>.
3. http://mineoil.blogspot.com/p/blog-page_3810.html/
4. <http://www.nashural.ru/article/promyshlennost-urala/yaregskie-nefteshahti>.
5. *Определение физико-механических свойств горных пород Ярегского месторождения. Отчет о НИР по договору №1/16П0397 от 06.02.2017 г. между ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» и Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Горный институт» Уральского отделения Российской академии наук, Пермь (2017).*
6. М.А. Семин, А.В. Зайцев, Л.Ю. Левин, Известия ТулГУ, Науки о Земле вып. 3, 270 (2018).

A.O. Novikov, I.N. Shestopalov, O.K. Moroz

ENSURING THE STABILITY OF MINE WORKINGS IN THE CONDITIONS OF OIL-MINING AUTHORITY «YAREGANEFТ» OF «LUKOIL-KOMI» LTD

The reconnaissance and the analysis of the state of mine workings located within the tuff horizon of the Oil-Mining Authority (OMA) «Yareganefт» have been carried out. The main causes of deformation of the workings are established. A set of measures is proposed, which allows an increase in the stability of supported workings.

Keywords: mine workings, oil production technology, unsatisfactory condition of workings, quality of work on sinking, steam breakthroughs, loss of rock strength, crushing of workings, condition prediction, measures to increase stability

Fig. 1. Sectional scheme of an oil mine in the section

Fig. 2. Oil output at OMA «Yareganefт»

Fig. 3. Dynamics of rock excavation volume at OMA «Yareganefт» in the course of maintenance per 1000 t of oil output

Fig. 4. Specific volume of rock breakouts per 1 m³ at sunk (a) and maintained (b) workings at OMA: ◆ – NSh-1, □ – NSh-2, ▲ – NSh-3

Fig. 5. Algorithm of provision of the working stability and enhancement of operation safety of inside workers at OMA