

УДК [622.002.5:621.51/.54].001.5

Булат А.Ф., акад. НАНУ, д-р техн. наук, професор
(ИГТМ НАН України),

Кирик Г.В., д-р техн. наук, доц.,

Жарков П.Е., канд. техн. наук,

Салюк А.А., магистр

(Концерн «НИКМАС»),

Б.А. Блюсс, д-р техн. наук, професор

(ИГТМ НАН України),

Шевченко В.Г., д-р техн. наук, ст. научн. сотр.

(ИГТМ НАН України)

КОМПРЕССОРНАЯ УСТАНОВКА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ТЕРМОГАЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕФТЯНОЙ ПЛАСТ

Булат А.Ф., акад. НАНУ, д-р техн. наук, професор
(ИГТМ НАН України),

Кирик Г.В., д-р техн. наук, доц.,

Жарков П.Е., канд. техн. наук,

А. А. Салюк, магистр

(Концерн «НИКМАС»),

Б.О. Блюсс, д-р техн. наук, професор

(ИГТМ НАН України),

Шевченко В.Г., д-р техн. наук, ст. научн. співроб.

(ИГТМ НАН України)

КОМПРЕССОРНА УСТАНОВКА ВИСОКОГО ТИСКУ ДЛЯ ТЕРМОГАЗОВОГО ВПЛИВУ НА НАФТОВИЙ ПЛАСТ

A. F. Bulat, Acad. NASU, D. Sc. (Tech.), Professor
(IGTM NAS of Ukraine),

G. V. Kirik, D.Sc. (Tech.), Associate Professor,

P. E. Zarkov, PhD (Tech.),

A. A. Salyuk, M.S. (Tech)

(Concern "NICMAS"),

B.O.Bluss, D. Sc. (Tech.), Professor

(IGTM NAS of Ukraine),

V. G. Shevchenko, D.Sc. (Tech.), Senior Researcher

(IGTM NAS of Ukraine)

HIGH PRESSURE COMPRESSOR UNIT FOR THERMOGAS TREATING THE OIL BED

Аннотация. Разработана компрессорная установка высокого давления для термогазового воздействия на нефтяной пласт с трудноизвлекаемыми запасами, включающая воздушные компрессоры первой и второй ступеней компремирования, охладитель, влагоотделитель и контрольно-измерительную аппаратуру. Установка имеет блочно-контейнерное исполнение и

включает несколько компрессорных модулей высокого давления блочно-контейнерного типа с системами технологического и функционального обеспечения.

Объемная производительность установки БКУ-20/35 У1 для термогазового воздействия на нефтяной пласт по воздуху, приведенная к начальным условиям (при работе 2-х компрессоров), составляет 20 м³/мин, конечное избыточное давление воздуха - 35 МПа, при этом мощность, потребляемая установкой БКУ, не превышает 400 кВт. Технология термогазового воздействия с применением компрессорных установок БКУ20/35 реализована на Вишанском месторождении РУП «ПО «Белорусьнефть». При применении метода термогазового воздействия на нефтяной пласт коэффициент извлечения нефти достигал 75 %, при среднепластовом давлении 26000 кПа.

Ключевые слова: компрессорная установка высокого давления, термогазовое воздействие, нефтяной пласт с трудноизвлекаемыми запасами.

Совершенствование технологий, способов и средств разработки и эксплуатации месторождений углеводородов является актуальной проблемой, имеющей важное значение для нефтегазовой отрасли. Важным также является повышение эффективности разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти.

Одним из перспективных решений является технология термогазового воздействия на нефтяной пласт [1, 2]. Метод термогазового повышения нефтеотдачи сочетает в себе тепловое и газовое воздействие и предусматривает закачку воздуха и его трансформацию за счет внутрипластовых окислительных и термодинамических процессов в углекислый газ либо легкие углеводороды. Метод использует повышение пластовой температуры для самопроизвольного инициирования внутрипластовых окислительных процессов и формирования высокоэффективного вытесняющего агента, в качестве которого применяется воздух и вода. При его реализации нефтеотдача в ряде случаев достигает 60-70 %, в 2-4 раза увеличивается добыча нефти, дополнительная добыча легких фракций составляет 15-25 %, при этом происходит полная внутрипластовая утилизация кислорода [3].

Термогазовый метод в 1970-е гг. освоен на истощенном Гнединцевском месторождении Черниговской обл. В настоящее время метод широко применяется в США, Китае, Индонезии, Бразилии и ряде других стран. В последние годы в странах ближнего зарубежья ведется работа по обоснованию и подготовке промысловых испытаний термогазового метода в различных геолого-промысловых условиях.

В технологической схеме термогазового воздействия на пласты для закачки воздуха применяются компрессоры. Компрессорные установки в технологии термогазового воздействия должны обеспечивать повышение безопасности при выработке сжатого воздуха и повышение эффективности термогазового воздействия на нефтяной пласт в целом.

Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт компрессорного машиностроения (ПАО «НПАО «ВНИИкомпрессормаш») и ООО «Международный институт компрессорного и энергетического машиностроения» (ООО «МИКЕМ»), которые входят в концерн «НИКМАС», вместе с учреждениями Национальной академии наук Украины, высшими учебными за-

ведениями, отраслевыми институтами на протяжении многих десятков лет занимаются исследованием и установлением закономерностей изменения параметров рабочих процессов и разработкой методов расчета режимных и конструктивных параметров компрессорного оборудования, которые обеспечивают его эффективное использование, созданием и внедрением компрессорного оборудования и способов его применения в разных областях промышленности [4-8].

Разработана компрессорная установка высокого давления для термогазового воздействия на нефтяной пласт. Установка предназначена для компремирования воздуха и закачки его в пласт при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти.

В установке за счет использования новых конструктивных элементов, технологичности их расположения и нового характера связи между ними расширяются технологические возможности и повышается эффективность разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти. Кроме того, обеспечивается повышение безопасности при выработке сжатого воздуха за счет исключения дополнительных источников воздействия окружающей среды непосредственно на технологический процесс и повышается эффективность термогазового воздействия на нефтяной пласт.

Установка включает многоступенчатый компрессор в единой одно или многомодульной конструктивной схеме, что решает задачу выработки сжатого воздуха оптимально сбалансированным путем, как составляющую общего технологического процесса термогазового воздействия на нефтяной пласт.

Установка имеет блочно-контейнерное исполнение для защиты оборудования от воздействия окружающей среды с соответствующими системами и средствами обеспечения технологии получения сжатого воздуха и включает несколько компрессорных блок-контейнерных модулей высокого давления с соответствующим периферийным оборудованием для обеспечения необходимых параметров по производительности и давлению сжатого воздуха. В свою очередь каждый модуль включает поршневой многоступенчатый компрессор, снабженный частотным преобразователем для регулирования производительности, систему подготовки (очистки) воздуха на входе в компрессор, устройство влагомаслоотделения после каждой ступени сжатия и емкость для сбора и отвода конденсата влагомасляной эмульсии, предохранительные клапаны после каждой ступени сжатия для сброса избыточного давления воздуха, систему продувки (разгрузки) ступеней сжатия, трубопроводную обвязку по воздуху, маслу и дренажу для обеспечения функционирования технологической схемы, систему автоматического управления компрессором и специальный блок-модуль межмодульной объединенной системой управления и регулирования, снабженной средствами удаленного мониторинга.

Принципиальная схема двухмодульной компрессорной установки высокого давления для термогазового воздействия на нефтяной пласт представлена на рис. 1. Установка включает два, работающих на один коллектор и заключенных в блок-контейнеры с системами их функционального обеспечения, параллельно

установленных компрессорных модуля 1 и 2, снабженных внутримодульной системой контрольно-измерительных приборов, а также блок-контейнер 3 объединенной системы автоматического межмодульного управления и регулирования верхнего уровня, включающей систему удаленного мониторинга 4.

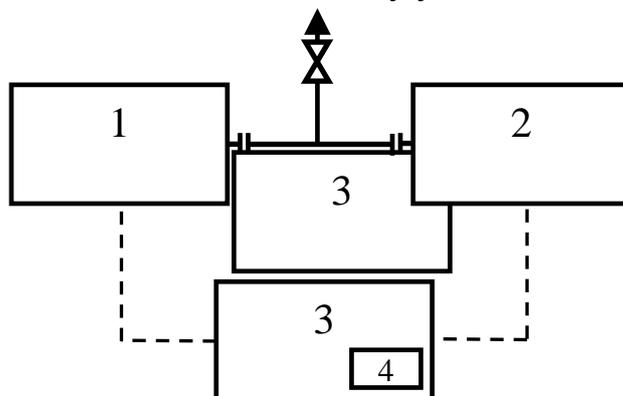


Рисунок 1 – Принципиальная схема двухмодульной компрессорной установки высокого давления для термогазового воздействия на нефтяной пласт

Каждый блок-контейнерный компрессорный модуль высокого давления (рис. 2) установки включает многоступенчатый (в данном случае 7-миступенчатый) поршневой компрессор 2, с приводным электродвигателем 7, соединенных между собой упругой втулочно-пальцевой муфтой 11, оснащён частотным преобразователем 6 для обеспечения возможности регулирования производительности по сжатому воздуху и системами подготовки (очистки) воздуха 1 от нежелательных частиц пыли и масла на входе в компрессор, воздушного охлаждения 4 для промежуточного в процессе сжатия и конечного охлаждения сжатого воздуха в каждой ступени, системами влагомаслоотделения 5 после каждой ступени сжатия и смазки 9, буферной емкостью 3 для сбора и отвода конденсата и предохранительным клапаном 10 после каждой ступени сжатия для стравливания избыточного давления, а также трубопроводную обвязку с запорной и контрольно-регулирующей арматурой.

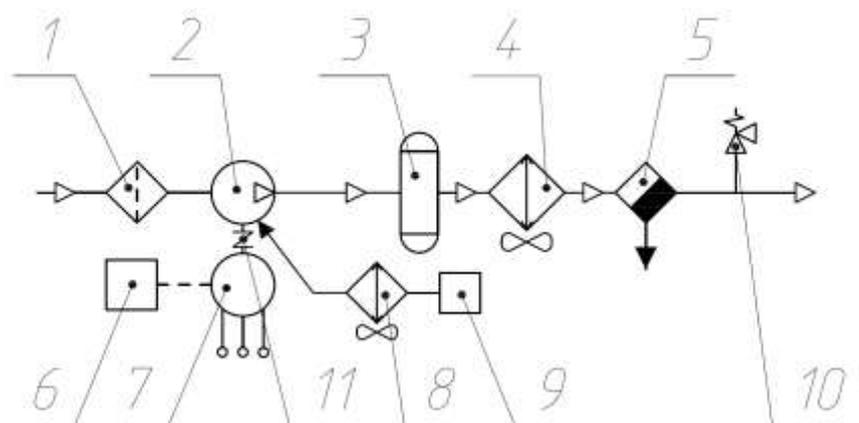


Рисунок 2 - Блок-контейнерный компрессорный модуль высокого давления

Установка работает следующим образом. Воздух забирается из атмосферы за пределами блок-контейнера и, проходя через входной фильтр, где происхо-

дит его грубая очистка от механических и возможных масляных включений, подается на 1-ю ступень компрессорного агрегата, расположенного в блок-контейнере.

Процесс сжатия воздуха по ступеням поршневого компрессорного агрегата заключается в следующем: компрессор, приводимый в движение приводным электродвигателем, выполняет возвратно-поступательное движение поршня I-VII ступеней. При этом поршни перемещаются в цилиндрах из одного крайнего положения в другое. Для снижения трения и износа деталей поршневой группы в цилиндрах I-VII ступеней компрессора под давлением с помощью масляного насоса 8 с распределителем проводится впрыск компрессорного масла. Сжатый в I ступени воздух вытесняется в буферную емкость.

Как известно, процесс сжатия воздуха сопровождается повышением температуры. Для его охлаждения в конструкции предусмотрен аппарат воздушного охлаждения, который состоит из блока теплообменников, в котором нагнетание охлаждающего воздуха обеспечивается вентилятором осевого типа 4, приводимого в действие электроприводом. Для дальнейшего охлаждения сжатый воздух из емкости подается в теплообменный аппарат первой ступени. В процессе охлаждения в сжатом воздухе образуется капельная влага, для удаления которой, а также взвешенных частиц компрессорного масла предназначен влагомаслоотделитель, в котором постепенно происходит накопление маслосодержащего конденсата, для слива которого предусмотрен конденсатоотводчик. Конденсат сливается в специальную емкость. Охлажденный и освобожденный от капельной влаги и масла воздух, пройдя предохранительный клапан, поступает на всасывание во II-ю ступень компрессора, где происходит его дальнейшее сжатие.

Процесс работы цилиндров последующих ступеней аналогичен работе цилиндра I-й ступени сжатия. После каждой ступени сжатия воздух охлаждается в теплообменниках системы охлаждения. Отделение сжатого воздуха от капельной влаги и масла происходит во влагомаслоотделителе, после чего воздух поступает на всасывание к следующей ступени, где происходит его дальнейшее сжатие. Отвод водомасляной эмульсии из влагомаслоотделителя после III-VII ступеней компрессора производится с помощью системы продувки (разгрузки) ступеней сжатия.

Процесс продувки (разгрузки) ступеней компрессора осуществляется поочередно в автоматическом режиме. Суть его заключается в следующем: периодически с помощью временных вставок и команд системы управления происходит подача так называемого «управляющего» воздуха из нагнетательного коллектора III-й ступени на клапан продувочный, который обеспечивает открытие продувочного трубопровода, соединяющего влагомаслоотделитель с емкостью, предусмотренной для накопления конденсата.

В табл. 1 приведены технические параметры оборудования для термогазового воздействия на нефтяной пласт установки БКУ-20/35 У1, разработанной ПАО «НПАО «ВНИИкомпрессормаш».

Таблица 1 - Технические параметры компрессорной установки БКУ-20/35 У1 для термогазового воздействия на нефтяной пласт

Сжимаемая среда	атмосферный воздух
Объемная производительность установки БКУ по воздуху, приведенная к начальным условиям, м ³ /мин (при работе 2-х компрессоров)	20
Степень регулирования производительности, %	30-100
Регулировка производительности	изменением оборотов привода устройством частотного регулирования
Давление воздуха конечное избыточное, МПа	35
Температура окружающего воздуха, °С	-35...+40
Температура воздуха на выходе из установки, не более °С	70
Мощность, потребляемая установкой БКУ, не более, кВт	400
Габаритные размеры установки, не более, мм - модуля компрессора высокого давления - модуля системы управления	6000x2438x2591 4000x2438x2591
Общая масса установки (трех модулей с оборудованием и наружной трубопроводной обвязкой), кг	25000
Режим работы	круглосуточно с возможностью работы одного компрессора
Компрессор 4ВМ2.5-10/350	поршневой, оппозитный, четырехрядный, семиступенчатый, шестицилиндровый
Тип электродвигателя	брызгозащищенный, 3-х фазный, асинхронный
Мощность приводного электродвигателя, кВт	200
Привод компрессора	прямой, через упругую муфту
Система охлаждения компрессора и сжатого воздуха	воздушная

Таким образом, разработана компрессорная установка высокого давления термогазового воздействия на нефтяной пласт, в которой за счет использования новых конструктивных элементов, технологичности и компактности их расположения расширяются возможности установки, а диапазон ее использования по давлению с возможностью регулирования производительности способствует повышению эффективности воздействия на нефтяной пласт при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти. Кроме того, обеспечивается достаточный уровень безопасности при выработке сжатого воздуха за счет исключения дополнительных источников воздействия окружающей среды непосредственно на технологический процесс выработки сжатого воздуха и повышается эффективность термогазового влияния на нефтяной пласт в целом.

На рис. 3 показана компрессорная установка БКУ20/35 и площадка на скважине при реализации технологии термогазового воздействия на Вишанском месторождении РУП «ПО «Белорусьнефть» (Республика Беларусь).



а)



б)

Рисунок 3 - Компрессорная установка БКУ20/35 (а) и площадка на скважине (б) при реализации технологии термогазового воздействия на Вишанском месторождении РУП «ПО «Белорусьнефть»

На рис. 4 приведен пример графика изменения коэффициента извлечения нефти и распределения среднепластового давления в пласте [1, 2]. Как видно из графика коэффициент извлечения нефти линейно возрастает до 75 % при применении термогазового воздействия на пласт; при этом среднепластовое давление повышается с 25000 до 27250 кПа, а затем резко падает до 26000 кПа.

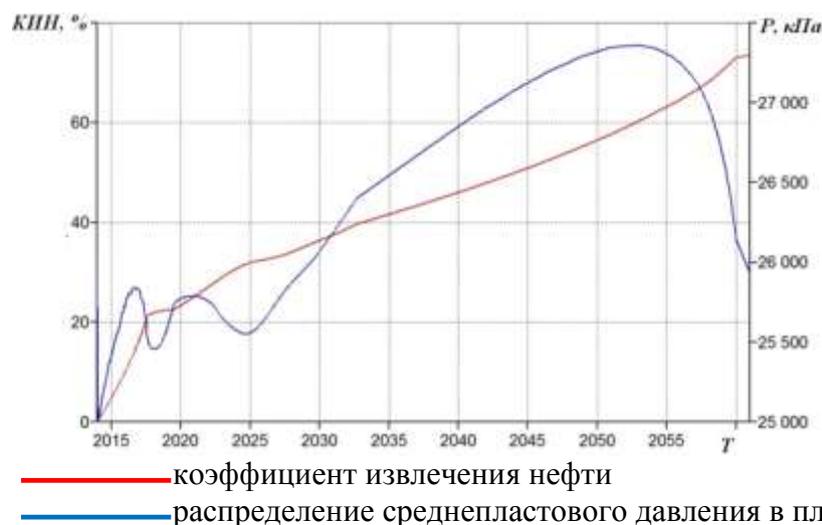


Рисунок 4 - Изменение коэффициента извлечения нефти и распределение среднепластового давления в пласте при термогазовом воздействии

Выводы.

1. Одним из перспективных решений по повышению эффективности разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти является технология термогазового воздействия на нефтяной пласт, сочетающая в себе тепловое и газовое воздействие и предусматривающая закачку воздуха и его трансформацию за счет внутрислоевых окислительных и термодинамических процессов в углекислый газ либо легкие углеводороды. Компрессорные установки в технологии термогазового воздействия должны обеспечивать повышение безопасности при выработке сжатого воздуха и повышение эффективности термогазового воздействия на нефтяной пласт в целом.

2. Разработана компрессорная установка высокого давления термогазового воздействия на нефтяной пласт, включающая воздушные компрессоры первой и второй ступеней компремирования, охладитель, влагоотделитель и контрольно-измерительную аппаратуру. Установка имеет блочно-контейнерное исполнение и включает несколько компрессорных модулей высокого давления блочно-контейнерного типа с системами технологического и функционального обеспечения, каждый из которых снабжен многоступенчатым поршневым компрессором с частотным преобразователем, системой подготовки (очистки) воздуха на входе в компрессор, трубопроводной обвязкой по воздуху, маслу и дренажу, емкостью для сбора и отвода конденсата влагомасляной эмульсии, и межмодульной объединенной системой управления и регулирования установки верхнего, снабженной средствами удаленного мониторинга.

3. Объемная производительность установки БКУ-20/35 У1 производства ПАО «ВНИИкомпрессормаш» для термогазового воздействия на нефтяной пласт по воздуху, приведенная к начальным условиям (при работе 2-х компрессоров), составляет 20 м³/мин, конечное избыточное давление воздуха - 35 МПа, при этом мощность, потребляемая установкой БКУ, не превышает 400 кВт. Технология термогазового воздействия с применением компрессорных установок БКУ20/35 реализована на Вишанском месторождении РУП «ПО «Белорусьнефть». При применении метода термогазового воздействия на нефтяной пласт коэффициент извлечения нефти достигал 75 %, при среднепластовом давлении 26000 кПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зацепин, В.В. Разработка низкопроницаемых коллекторов с использованием газового агента / В.В. Зацепин, А.К. Макатров // Нефтяное хозяйство. – 2015. - № 5. – С. 88-92.
2. Ушакова, А.С. Иницирование внутрипластового горения в низкопроницаемых карбонатных коллекторах / А.С. Ушакова, В.В. Зацепин // Нефтяное хозяйство. – 2015. - № 6. – С. 62-66.
3. Пат. Российская Федерация № 90492. E21B43/24. Установка термогазового воздействия / Гайфер В.И., Кокорев В.И., Якимов А.С., Карпов В.Б., Чубанов О.В., Боксерман А.А. <http://www.findpatent.ru/byauthors/238555/>; заявл. 25.09.2009 ; опубли. 10.01.2010.
4. Бондаренко, Г. А. Компрессорные станции: учеб. пос.: в 2 ч. Ч.1 : Воздушные компрессорные станции / Г.А. Бондаренко, Г.В. Кирик. – Сумы : Изд-во СумГУ, 2012. – 344 с
5. Жарков, П.Е. Газовые компрессорные станции / П.Е. Жарков, Г.А. Бондаренко, В.Н. Радзиевский. – Сумы: Университетская книга, 2015. – 285 с.
6. Кирик, Г.В. Развитие топливно-энергетического комплекса и стратегия выпуска энергоэффективной компрессорной техники / Г.В. Кирик, П.Е. Жарков, А.Д. Стадник // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2013. - № 3 (13). - С. 2-8.
7. Булат, А.Ф. Энергоэффективные компрессорные машины в процессах добычи угля и метана / А.Ф. Булат, Г.В. Кирик // Геотехническая механика. – 2014. – Вып. 115. – С. 3-15.
8. Булат, А.Ф. Комплексное решение проблем безопасности при разработке месторождений углеводородов с применением компрессорного оборудования / А.Ф. Булат, Г.В. Кирик, В.Г. Шевченко // Геотехническая механика. – Днепропетровск. – 2014. – Вып. 119. – С. 3–13.

REFERENCES

1. Zatsepin V.V. and Makatrov A.K. (2015), «Development of low-permeable collectors with the use of gas agent», *Oil Industry*, no. 5, pp. 88-92.
2. Ushakova A.S. and Zatsepin V.V. (2015), «Initiation of the inside-layer burning in low-permeable carbonate collectors», *Oil Industry*, no. 6, pp. 62-66.
3. Gayfer V.I., Kokorev V.I., Yakimov A.S., Karpov V.B., Chubanov O.V. and Bokserman A.A. (2010), *Patent Rossiyskoy Federatsii № 90492. E21V43/24. Ustanovka termogazovogo vozdeystviya* [Patent of Rus-

sian Federation № 90492. E21V43/24. Setting of thermo-gas influence], Moscow, RU.

4. Bondarenko G.A. and Kirik G.V. (2012), *Kompresornyye stantsii: ucheb. pos.: v 2 ch. Ch.1 : Vozdushnyye kompresornyye stantsii*. [Compressor stations: studies pos.: in 2 p., p.1 : Air compressor stations], Sumy State University Publishing House, Sumy, UA.

5. Zharkov P.E., Bondarenko G.A. and Radzievskii V.N. (2015), *Gazoviye kompresornyye stantsii* [Gas compressor stations], University Book, Sumy, UA.

6. Kirik G.V., Zharkov P.E. and Stadnik A.D. (2013), «Development of fuel and energy complex and strategy of issue of energy-effective compressor technique», *Compressor and power engineering*, no.3 (13), pp. 2-8.

7. Bulat A.F. and Kirik G.V. (2014), «Energy-effective compressor machines in the processes of booty of coal and methane», *Geo-Technical Mechanics*, Vol. 115, pp. 3-15.

8. Bulat A.F., Kirik G.V. and Shevchenko V.G. (2014), «Complex decision of problems of safety at development of deposits of hydrocarbons with the use of compressor equipment», *Geo-Technical Mechanics*, Vol. 119, pp. 3-13.

Об авторах

Булат Анатолий Федорович, академик Национальной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, директор института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, office.igtm@nas.gov.ua

Кирик Григорий Васильевич, доктор технических наук, доцент, президент, Концерн «НИКМАС», Сумы, Украина, g.kirik@nicmas.com

Жарков Павел Евгеньевич, кандидат технических наук, вице-президент, Концерн «НИКМАС», Сумы, Украина, p.zharkov@nicmas.com

Салюк Анатолий Анатолієвич, магистр, вице-президент, Концерн «НИКМАС», Сумы, Украина.

Блюсс Борис Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом геодинамических систем и вибрационных технологий, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина.

Шевченко Владимир Георгиевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ученый секретарь института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, V.Shevchenko@nas.gov.ua

About the authors

Bulat Anatoly Fedorovich, Academician of the National Academy of Science of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Director of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, office.igtm@nas.gov.ua

Kirik Grigory Vasilevich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Associate Professor, President, Concern "NICMAS", Sumy, Ukraine, g.kirik@nicmas.com

Zharkov Pavel Yevhenevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Vice-President, Concern "NICMAS", Sumy, Ukraine, p.zharkov@nicmas.com

Salyuk Anatoly Anatolievich., Master of Science, Vice-President, Concern "NICMAS", Sumy, Ukraine.

Bluss Boris Oleksandrovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Head of Department of Geodynamic System and Vibration Technologies, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine.

Shevchenko Vladimir Georgievich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Senior Researcher, Scientific Secretary of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, V.Shevchenko@nas.gov.ua

Анотація. Розроблено компресорну установку високого тиску для термогазового впливу на нафтовий пласт із важковидобуваними запасами, що включає повітряні компресори першого і другого щаблів компримування, охолоджувач, вологовідділювач і контрольно-вимірвальну апаратуру. Установка має блочно-контейнерне виконання і включає кілька компресорних модулів високого тиску блочно-контейнерного типу із системами технологічного і функціонального забезпечення.

Об'ємна продуктивність установки БКУ-20/35 У1 для термогазового впливу на нафтовий пласт по повітрю, наведена до початкових умов (при роботі 2-х компресорів), становить 20 м³/хв., кінцевий надлишковий тиск повітря - 35 МПа, при цьому потужність, споживана установкою БКУ, не перевищує 400 кВт. Технологія термогазового впливу із застосуванням компресорних установок БКУ20/35 реалізована на Вішанському родовищі РУП «ВО «Білорусьнафта». При застосуванні методу термогазового впливу на нафтовий пласт коефіцієнт вилучення нафти досягав 75 %, при середньопластовому тиску 26000 кПа.

Ключові слова: компресорна установка високого тиску, термогазовий вплив, нафтовий пласт із важковидобуваємими запасами.

Abstract. Developed a high-pressure compressor unit for the thermal gas impact on the oil bed with hard recoverable reserves, including air compressors of the first and second stages of compression, a cooler, drier and instrumentation. The unit has a block-container structure and includes a some of high-pressure compressor module block-container type with systems of technological and functional software.

Volume performance of unit ВКУ-20/35 U1 for thermal gas impact on the oil bed through the air reduced to the initial conditions (at 2 working compressors) is 20 m³/min, the final excess air pressure - 35 MPa, and the power consumed by unit ВКУ does not exceed 400 kW. Technology thermal gas impact with the use of compressor units ВКУ 20/35 implemented on Vishansk oilfield of RUP "PE "BELORUSNEFT". When applying the method of thermal gas impact to the oil bed the recovery factor reached 75 %, with middle bed pressure of 26,000 kPa.

Keywords: high-pressure compressor, thermal gas impact, the oil bed with hard recoverable reserves.

Стаття поступила в редакцію 15.04.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Г.А. Шевченко

УДК 004.926.8:622.647.2

Булат А.Ф., акад. НАНУ, д-р техн. наук, професор,
Кирия Р.В., канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
Ларионов Н.Г., мл. научн. сотр.
(ИГТМ НАН України)

**ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПРЕДСТАВЛЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛЕНТЫ С
ГРУЗОМ ПО РОЛИКООПОРАМ КОНВЕЙЕРА**

Булат А.Ф., акад. НАНУ, д-р техн. наук, професор,
Кірія Р.В., канд. техн. наук, ст. научн. співр.,
Ларіонов М.Г., мол. наук. співр.
(ИГТМ НАН України)

**ПРО ОДИН МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ
МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ СТРІЧКИ З ВАНТАЖЕМ
ПО РОЛИКООПОРАХ КОНВЕЄРА**

Bulat A.F., acad. NASU, D. Sc.(Tech.), Professor,
Kiriya R.V., Ph.D (Tech), Senior Researcher,
Larionov N.G., Junior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine)

**ABOUT A METHOD OF PRESENTING RESULTS OF
MATHEMATICAL MODELLING OF THE LOADED BELT MOTION ON
THE CONVEYOR ROLLER CARRIAGE**

Аннотация. Проведено математическое моделирование процесса движения ленты с грузом по трехроликовым опорам ленточного конвейера. Для анализа результатов моделирования и оценки степени влияния параметров на коэффициент сопротивления применен метод последовательной аппроксимации. Применение метода последовательной аппроксимации подтвердило свою эффективность в обработке результатов математического моделирования системы «желобчатая лента - роlikоопора конвейера». Использование полученных формул позволяет с 5% точностью определить составляющие коэффициента сопротивления от вдавливания роликов в ленту, от изгиба ленты с грузом, от деформации груза. Указанные формулы позволяют выполнить оценку степени влияния параметров на составляющие коэффициента сопротивления и решить задачу выбора параметров системы для обеспечения минимально возможной величины энергозатрат на транспортирование груза.

Ключевые слова: ленточный конвейер, коэффициент сопротивления, глубокожелобчатая лента.

Актуальность. Одним из путей повышения эффективности подземных конвейеров в угольных шахтах является использование става конвейера с глубокожелобчатой лентой ($\beta > 20^\circ$). Однако, из-за больших сил распора связанных с деформацией груза, силы сопротивления движению желобчатой ленты по роlikоопорам ленточного конвейера существенно больше по сравнению с плоскими лентами ($\beta < 20^\circ$).