

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ**

У статті розглянуті аеродинамічні параметри експлуатованих на вугільних шахтах радіальних (відцентрових) і осьових вентиляторів головного провітрювання, а також проаналізовані способи регулювання аеродинамічних характеристик з метою визначення найбільш ефективного методу регулювання по параметру зниження енергоспоживання.

## **RESEARCH ON AERODYNAMIC PARAMETER CONTROL FOR THE MINE VENTILATORS IN MAIN VENTILATION SYSTEM**

Aerodynamic parameters of radial (centrifugal) and axial-flow ventilators used in the coal mines are described, and means for controlling the aerodynamic characteristics are analyzed in order to determine the most effective control method and reduce energy consumption.

Вопросы регулирования параметров подачи и давления вентиляторов являлись актуальными и ранее, так как создание мощных шахтных вентиляторов с электроприводом, мощность которого достигает 4000 кВт, требовало условий плавного их запуска в работу, а также настройку вентиляционной сети на необходимый ритм проветривания шахты, [1, 2, 3, 4]. В настоящее время эта проблема требует своего решения в связи с закрытием ряда шахт, но необходимостью эксплуатации вентиляторов главного проветривания. При этом экономичность работы таких вентиляторных агрегатов снижается в связи с тем, что осевые направляющие аппараты в большей части приходится эксплуатировать в закрытом положении лопаток и величина статического к. п. д. вентиляторов составляет всего 0,3...0,5.

В настоящей работе рассмотрены возможные способы регулирования аэродинамических параметров (подачи и давления) радиальных вентиляторов с различными лопатками рабочих колес (листовыми и профильными), проведен анализ и сделана оценка для их возможного применения в практической постановке в шахтных условиях. В постановочном варианте задачи рассмотрены только аэродинамические способы регулирования параметров подачи и давления радиальных вентиляторов, экспериментальные результаты которых выполнены на моделях вентиляторов и опубликованы в различных организациях.

Вопросы регулирования параметров подачи и давления вентиляторов проводились Г. А. Бабаком, [5, 6], где приведена такая возможность применительно к аэродинамической схеме ЦАГИ Ц7-42, на базе которой был разработан вентилятор главного проветривания ВЦ-5 [2] и на модели вентилятора ИГМ близкой к схеме ЦАГИ Ц7-42 были получены аэродинамические характеристики при уменьшении количества листовых лопаток до четырех (ступенями – 32, 24, 16, 12, 8, 6, 4). При этом наблюдалось снижение максимального статического к. п. д. и параметров подачи и давления вентилятора.

Другими способами ступенчатого изменения параметров радиального вентилятора при постоянной частоте вращения ротора следует считать по литературным источникам [7, 8, 9] изменение длины рабочих лопаток колеса, поворот рабочих лопаток или элементов (закрылков), выключение части межлопаточных каналов при помощи заглушек.

Одним из наиболее существенных недостатков перечисленных способов регулирования параметров вентиляторов являлось изменение аэродинамической схемы вентилятора, что могло отразиться на динамических характеристиках роторов вентиляторов и в частности на их подшипниковых узлах. Другим препятствием для изменений конструкций вентиляторов – это требования «Правил безопасности в угольных шахтах», где отмечено, что не допускается изменения конструкции машин, оборудования, схем управления и защиты без согласования с предприятием производителем, [10].

Изложенные результаты аэродинамических исследований моделей различных радиальных вентиляторов в лабораторных условиях показывают, что известные методы регулирования вентиляторов в шахтных условиях вызывают значительные трудности, одними из которых является, безусловно, обеспечение длительной безопасной эксплуатации вентиляторов в шахтных условиях, что напрямую связано с безопасной работой горнорабочих и обслуживающего персонала шахты.

Предполагаемый способ регулирования подачи и давления радиального вентилятора включает в себя две составляющие – аэродинамическую (осевым направляющим аппаратом) и регулирование с помощью частоты вращения ротора вентилятора. Для примера на рис. 1 приведено «Поле аэродинамических режимов», определенное в результате обследований технического состояния вентиляторных установок угольных шахт Украины в 2002...2012 г.г. для определения границ необходимых режимов проветривания. На рис. 2 и 3 показаны области промышленного использования выпускаемых в настоящее время осевых и радиальных (центробежных) вентиляторов главного проветривания для угольных и рудных шахт Украины заводом «Донецкгормаш», г. Донецк. Проведенные исследования сводятся к следующему. Наиболее эффективным способом такого регулирования является изменение параметров вентилятора с помощью направляющего аппарата при углах поворота последнего на углы  $0 \dots 60^\circ$  (до минимальных значений статических к. п. д. 0,6) или с помощью понижения частоты вращения ротора вентилятора регулируемым электроприводом (при полностью открытых осевых направляющих аппаратах ( $\theta_{ОНА}=0^\circ$ )).

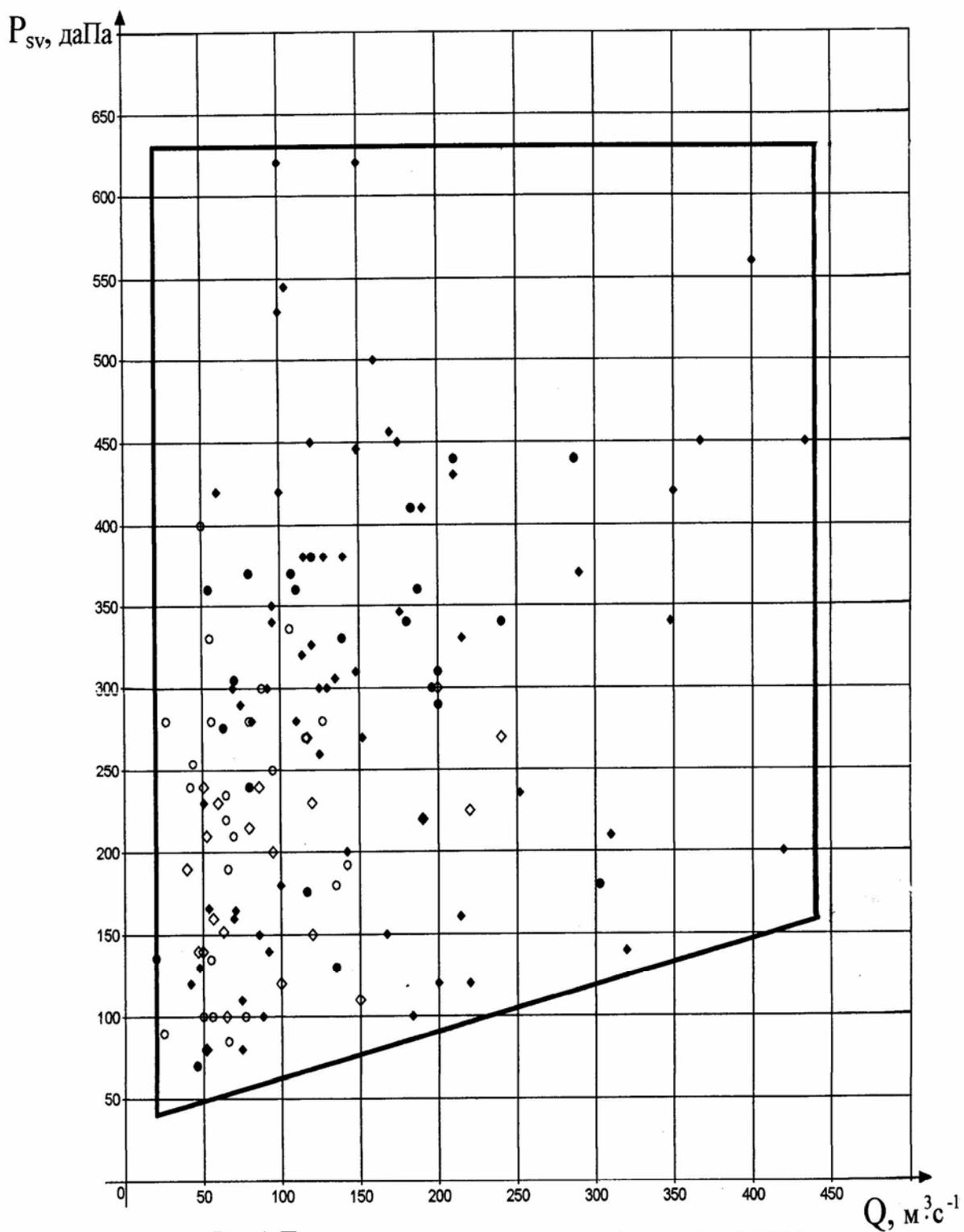


Рис. 1. Поле аэродинамических режимов шахтных вентиляторов

- ○ ○ ○ Осевые вентиляторы (старых типов)
- ◇ ◇ ◇ ◇ Осевые вентиляторы (новых типов)
- ● ● ● Центробежные вентиляторы (старых типов)
- ◆ ◆ ◆ ◆ Центробежные вентиляторы (новых типов)

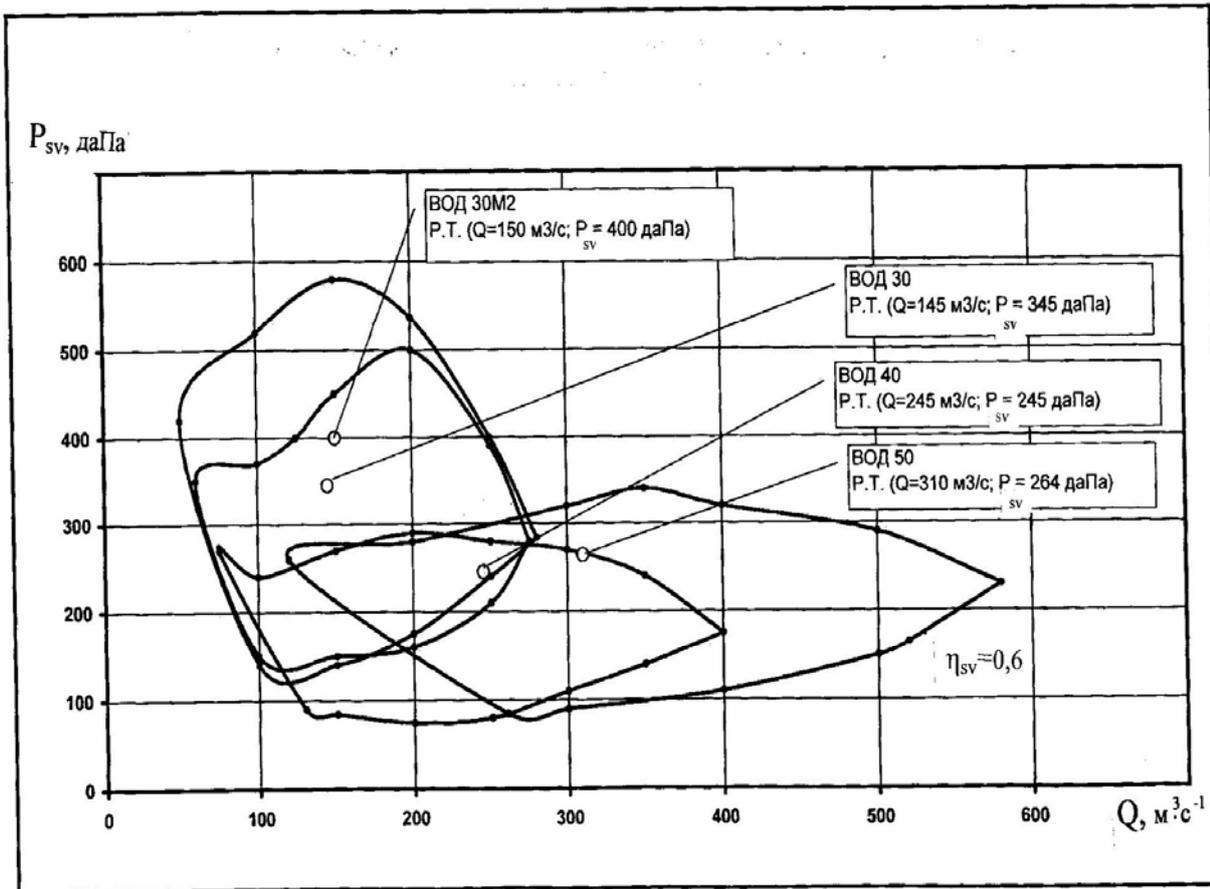


Рис. 2 Области промышленного использования вентиляторных установок с осевыми вентиляторами.

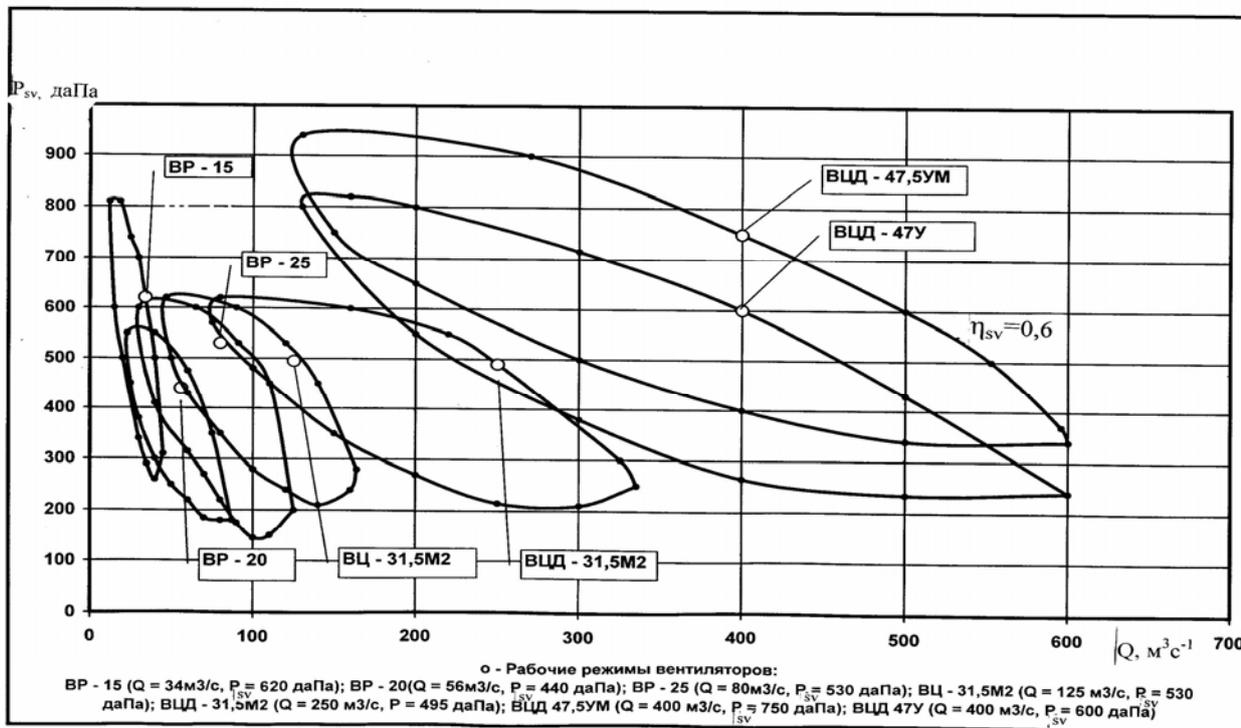


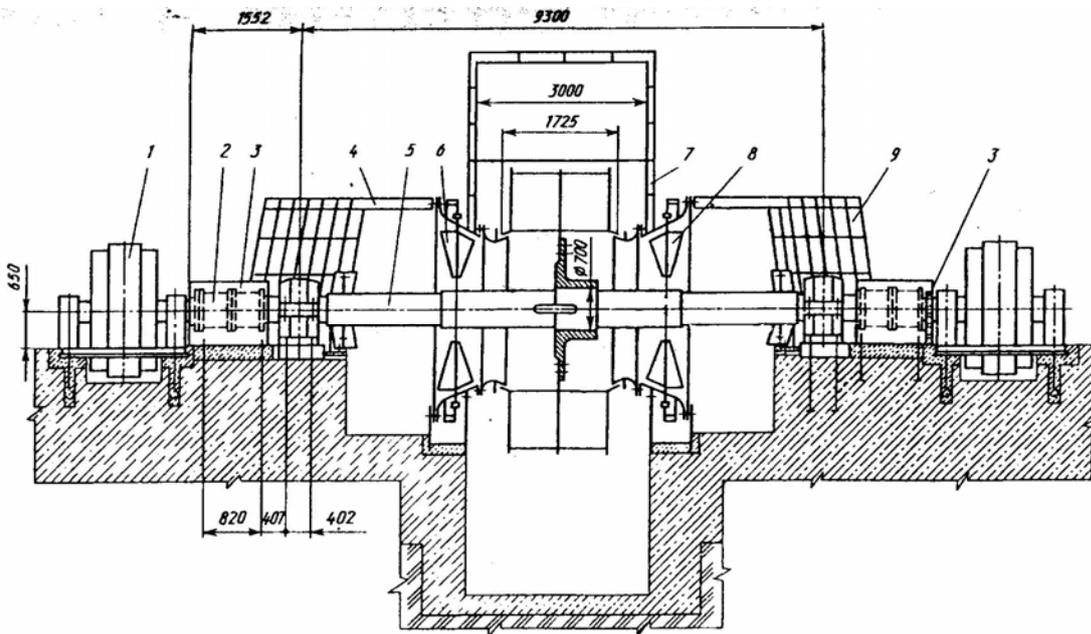
Рис. 3 Области промышленного использования вентиляторных установок с радиальными вентиляторами.

При этом величина энергопотребления определяется соотношением

$$E_v = I / \eta_{sv}$$

где  $\eta_{sv}$  – статический к. п. д. вентилятора при работе его на шахтную сеть. Установлено, что величина  $E_v$  энергопотребления вентилятора находится в интервале значений 1,2 ... 10 при регулировании режимов вентилятора осевым направляющим аппаратом и 1,2 ... 1,3 при регулировании режимов работы вентиляторов регулируемым электроприводом. Кроме изложенного в отдельных условиях проветривания шахты эффективным является применение электродвигателя вентилятора, имеющего меньшую частоту вращения. Понижение частоты вращения роторов вентиляторов уменьшает динамическую нагрузку на подшипники, таким образом, повышается эффективность и надежность эксплуатации всей вентиляторной установки.

Наибольший экономический эффект при регулировании частоты вращения ротора вентилятора достигается для самых мощных шахтных вентиляторов, таких как ВРЦД – 4,5 и ВЦД – 47,5УМ, мощность электродвигателей которых достигает 4000 кВт. Конструктивная схема вентилятора нового поколения ВЦД – 47,5УМ приведена на рис. 4 [3], а область его промышленного использования показана на рис. 3.



1 – электродвигатель; 2 – зубчатая муфта; 3 – ограждение муфты; 4 – левая всасывающая коробка; 5 – ротор; 6 – левый направляющий аппарат; 7 – корпус; 8 – правый направляющий аппарат; 9 – всасывающая коробка

Рис. 4 - Вентилятор ВЦД-47,5УМ:

*Выводы и анализ полученных результатов.* Регулирование подачи, давления и потребляемой мощности радиального вентилятора возможно осуществить аэродинамическими способами, но необходимо эти вопросы согласовать с заводом – изготовителем вентиляторов. Наиболее эффективным способом регулирования параметров с точки зрения экономии электроэнергии, потребляемой вентилятором, является комбинированный способ – осевыми направляющими аппаратами и одновременно снижением частоты вращения приводного электродвигателя. Проведение работ по снижению внешних подсосов воздуха через надшахтные сооружения (копры, ляды переключения, здания вентиляторной установки, вентиляционные каналы и др.) позволят повысить общий коэффициент энергоэффективности вентиляторной установки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалевская В. И. Шахтные центробежные вентиляторы. / В.И. Ковалевская, Г.А. Бабак, В.В. Пак.- М.: Недра, 1976. – 320 с.
2. Шахтные вентиляторные установки главного проветривания: Справочник. / Г.А. Бабак, К.П. Бочаров, А.Т. Волохов [и др.] - М.: Недра, 1982. – 296 с.
3. Носырев Б. А. Вентиляторные установки шахт и метрополитенов. Учебное пособие. / Б.А. Носырев, С.В. Белов – Екатеринбург: Издательство Уральской государственной горно-геологической академии, 2000. – 278 с.
4. Грядущий Б. А. Баланс электропотребления угольных шахт: Справочное пособие. / Б.А. Грядущий, В.В. Халимов – Донецк: ООО «Юго-Восток», 2005. – 250 с.
5. Бабак Г. А. Экономия электроэнергии, потребляемой радиальными вентиляторами / Г.А. Бабак // Уголь Украины. – 1998. - С. 28 – 29.
6. Вентиляторы для проветривания глубоких шахтных стволов. / В. С. Пак, Г. А. Бабак, В. Д. Семененко [и др.] // Уголь Украины. - 1957. - № 6. – С. 24 – 27.
7. Постолюк С. Н. Повышение экономичности центробежных тягловых машин. /С.Н. Постолюк // Электрические станции. – 1964. - №9. – С. 18 – 23.
8. Бабак Г. А. Исследование некоторых закономерностей регулирования центробежных вентиляторов поворотными закрылками рабочих колес. / Г.А. Бабак, И.В. Богатов. - Сб. научных трудов ИГМ и ТК им. М.М. Федорова. Вопросы горной механики - М.: Недра, 1967 - №19 - С. 19 – 30.
9. Чебышева К. В. Регулирование центробежных вентиляторов изменением проходных сечений колеса или кожуха. / К.В. Чебышев - Сб. Промышленная аэродинамика. - М.: Оборонгиз, 1959.- №12 – С. 110 – 124.
10. НПАОП 10.0 – 1.01 – 10. Правила безпеки у вугільних шахтах: Затв. наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 №62. – Київ:2010. - 2154. (Нормативний документ Мінвуглепрому України)

Доктора техн. наук В.Г. Шевченко,  
Ю.И. Кияшко,  
мл. научн. сотр. М.С. Зайцев  
(ИГТМ НАН Украины)

## **К РАЗРАБОТКЕ УСТРОЙСТВ И ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА НАЛОЖЕННОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ УРАНОВЫХ ШАХТ**

Наведено основні характеристики і завдання які вирішуються пристроями та інформаційним комплексом накладеної віртуальної реальності для використання в системі контролю виробничого процесу на уранових шахтах.

## **TO THE DESIGNING OF DEVICES AND INFORMATION COMPLEX OF OVERLAY VIRTUAL REALITY FOR URANIUM MINES**

The article presents key characteristics of and tasks performed by the devices and information complex of overlay virtual reality for use in process control systems of uranium mines.

Реализация мероприятий по созданию безопасных и безвредных условий труда на предприятиях топливно-энергетического комплекса путем выполнения задач организационного, материально-технического, научного и правового обеспечения деятельности в сфере охраны труда, дальнейшего усовершенствования систем управления охраной труда является актуальной проблемой, стоящей перед урановыми шахтами. К числу основных задач относятся информационное обеспечение предприятий области по вопросам охраны труда; создание средств диагностики оборудования и предотвращение аварий, средств и систем коллективной защиты работников [1]. Решение данных задач обеспечит улучшение состояния охраны и условий труда, уменьшение количества аварий, несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, социальных и экономических потерь.

Разработка устройств и информационного комплекса наложенной виртуальной реальности для использования в системе контроля производственного процесса на урановых шахтах является актуальной задачей, направленной на улучшение условий труда горнорабочих урановых шахт, снижение аварийности и травматизма за счет увеличения полноты, своевременности и достоверности поступающей информации, и принятия на этой основе наиболее правильных решений [2,3].

Перспективным является применение нового, перспективного вида элементов видеоконтроля – беспроводных видеорегистраторов с «обратной связью», связанных посредством участков с беспроводной связью, участков с проводной и спутниковой связью, узлами контроллеров-накопителей, автоматическими системами анализа и хранения данных, пунктами операторов, диагностики и управления, как части общей системы контроля производственного процесса горнодобывающего предприятия [4,5].

Авторами предлагается ряд устройств для использования в составе информационным комплекса наложенной виртуальной реальности системы контроля