

ИЗУЧЕНИЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ САМОВОЗГОРАЕМОСТИ УГЛЕЙ АНГРЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Т.Г. Акбаров¹, М.А. Исраилов¹, Д.Р. Махмудов¹

¹ Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Ташкент, Республика Узбекистан, e-mail: dmahmudov@mail.ru

Аннотация: Рассмотрены вопросы изучения и профилактики самовозгораемости ангренских бурых углей. Кратко изложены теории самовозгорания угля как химического процесса, протекающего во время его добычи, перечислены необходимые для самовозгорания условия. Подчеркивается химическая активность углей при низких температурах, способствующих самовозгоранию, а также влияние жаркого климата региона на увеличение химической активности углей. В связи с этим изучены климатические условия региона. Повышенная температура (от +25 до +50 °С) дает резкое увеличение химической активности ангреновского угля. Определен основной параметр, который характеризует свойства пласта и коэффициент фильтрации, показывающий способность пласта пропускать через себя жидкость под действием приложенного градиента давления. Установлено, что скопленный разрыхленный уголь, его смесь с породой на уступах, в выработанном пространстве карьера при переэкскавации, на внутренних и внешних отвалах, на складах считается основным очагом самовозгорания бурых углей. Проведенные исследования показали, что предварительное увлажнение угольных пластов понижает химическую активность ангреновских бурых углей на 60%, что является эффективным средством профилактики самовозгорания угля, снижает крепость угля и является эффективным средством по снижению запыленности атмосферы карьера. В настоящее время объемы добычи угля не обеспечивают полностью потребности Республики. В связи с этим принято Постановление Президента Республики Узбекистан ПП-3054 от 13.06.2017 г. «О программе дальнейшего развития и модернизации угольной промышленности», предусматривающее увеличение добычи угля с 4-х до 11 млн т в год. При этом необходимо соблюдение требований промышленной безопасности, главным из которых является создание безопасных и здоровых условий труда.

Ключевые слова: эндогенные пожары, самовозгорание углей, химический процесс, химические реакции, геологические особенности угля, химическая активность угля, константа скорости сорбции, метаморфизм углей, приток воздуха, теплообмен, солнечная радиация, нагнетание воды, коэффициент эффективной пористости, напорный градиент, предварительное увлажнение угольных пластов.

Для цитирования: Акбаров Т. Г., Исраилов М. А., Махмудов Д. Р. Изучение и предупреждение самовозгораемости углей Ангреновского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 1. – С. 170–177. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-170-177.

Analysis and prevention of spontaneous combustion of Angren coal

T.G. Akbarov¹, M.A. Israilov¹, D.R. Makhmudov¹

¹ Islam Karimov Tashkent State Technical University,
Tashkent, Republic of Uzbekistan, e-mail: dmahmudov@mail.ru

Abstract: The article addresses the studies and prevention of spontaneous combustion of Angren lignite. The theory of spontaneous combustion of coal as a chemical process in coal mining is given in brief, and the spontaneous combustion conditions are listed. It is emphasized that chemical activity of coal grows under low temperatures which contribute to spontaneous combustion, and is sensitive to hot regional climate, which is studied therefore. High temperature (from +25 to +50 °C) induces a jump in the chemical activity of Angren coal. The main characteristic of coal seam properties is defined together with the permeability of coal, which is the coal seam capacity to transmit liquid under the action of the applied pressure gradient. It is found that loose coal accumulation and mixture with dirt rock on benches, in re-handling in mined-out void of an open pit, in external and internal dumps and in coal storages is the major source of spontaneous combustion of lignite. The implemented research shows that preliminary humidification of coal seams lowers chemical activity of Angren lignite by 60%, which is an efficient tool of spontaneous combustion prevention, weakens coal strength and effectively suppresses dusting in opencast air. At the present time, output of coal mining industry fails to satisfy the needs of the Republic of Uzbekistan. In this connection, Uzbekistan President's resolution PP-3054 dated June 13, 2017, on «...the coal industry advance and modernization program», providing an increase in coal production output from 4 to 11 Mt annually was adopted. It is also required to abide with the industrial safety standards, the major of which is occupational safety and health.

Key words: endogenous fires, spontaneous combustion, chemical process, chemical reactions, geological features of coal, chemical activity of coal, absorption rate constant, metamorphism, air inflow, heat exchange, solar radiation, water injection, effective porosity ratio, pressure gradient, preliminary coal humidification.

For citation: Akbarov T. G., Israilov M. A., Makhmudov D. R. Analysis and prevention of spontaneous combustion of Angren coal. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(1):170-177. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-1-0-170-177.

Введение

Добыча угля оказывает огромное негативное влияние на окружающую среду, имеет один из самых больших показателей по травматизму. Одним из опасных явлений в угледобывающей промышленности являются эндогенные пожары. Связанные с самовозгоранием пластов эндогенные пожары представляют большую опасность для жизни и здоровья горнорабочих. Кроме того, приводят к длительным остановкам горных работ, консервации запасов угля и впоследствии — к ухудшению технико-экономических показателей работы предприятия. Поэтому исследование при-

чин и разработка профилактических мероприятий по снижению пожароопасности угольных пластов являются весьма актуальной задачей. В странах СНГ такими исследованиями занимаются Институт Горного дела имени А.А. Скочинского (Россия), Карагандинский государственный технический университет, Кузбасский государственный технический университет, Восточный научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности (Россия), Ташкентский государственный технический университет и другие. Огромный экономический ущерб, наносимый эндогенными по-

жарами, и опасность для жизни людей, обусловленная ими, потребовали всестороннего изучения самовозгорания угля, благодаря которому удалось повысить эффективность мер по предупреждению эндогенных пожаров. Однако наличие таких многообразных факторов, как мощность угольных пластов, условия залегания, влажность, зольность, физико-химические свойства, климатические условия не позволяют применять результаты исследований, проведенных на одних предприятиях в условиях других предприятий, что предопределяет необходимость проведения дополнительных натурно-экспериментальных работ.

В связи с этим были изучены физико-химические свойства ангренских бурых углей, климатические, горно-геологические и горно-технические факторы, влияющие на их самовозгораемость.

Методы

Попытки объяснить явления самовозгорания углей привели к созданию ряда теорий [1, 2]. Наибольшее признание и распространение получила теория самовозгорания угля, разработанная проф. В.С. Веселовским и его учениками [1].

В соответствии с этой теорией самовозгорание рассматривается как химический процесс, протекающий в промышленной обстановке. В этом сложном процессе принимают участие химические реакции, приток кислорода к месту реагирования и тепловые явления.

На основе этой теории самовозгорание возможно при наличии трех физических условий:

- способности углей достаточно быстро окисляться при низких температурах;
- притока воздуха к массе угля;
- затрудненной отдачи тепла в окружающую среду.

На процесс самовозгорания угля и возникновение эндогенных пожаров влияет множество факторов, которые разделяются на природные и горнотехнические. К природным факторам относятся геологические особенности и химическая активность угля. Горнотехнические факторы связаны с технологией ведения горных работ.

Химическая активность углей при окислении кислородом воздуха служит одним из основных факторов и характеризует склонность угля к самовозгоранию. Но самовозгорание зависит также от внешних условий притока кислорода и теплообмена. Поэтому химическая активность служит относительным показателем склонности углей к самовозгоранию. Чем больше химическая активность при одинаковых внешних условиях, тем более склонны угли к самовозгоранию. Для характеристики склонности к самовозгоранию наибольшее влияние имеет химическая активность углей при низких температурах. В качестве основного показателя склонности к самовозгоранию принимается химическая склонность угля при низкотемпературном окислении, характеризующаяся константой скорости сорбции. Константа скорости сорбции сложно зависит от температуры, степени измельчения и увлажнения материала. Химическая активность углей меняется в зависимости от метаморфизма и уменьшается с увеличением метаморфизма [1, 3, 4]. Самовозгоранию углей предшествует так называемый инкубационный период. Зная его продолжительность, можно обоснованно выбрать пожаробезопасные способы разработки угольных пластов, предусмотреть меры предупреждения самовозгорания и возникновения пожаров [5, 6]. Для предупреждения и профилактики самовозгорания угля также используют подачу жидких составов, глинистой пульпы. Все

шире используется азот, который позволяет снизить концентрацию кислорода, активирует сорбционную активность не окисленного угля за счет интенсификации процесса испарения содержащейся в угле влаги [7– 13].

В связи с этим, все угли по химической активности разделяются на высокоактивные-бурые угли, умеренно активные каменные угли и малоактивные антрациты. Таким образом, бурые угли Ангрэнского месторождения относятся весьма склонным к самовозгоранию.

Результаты

В результате проведенных исследований установлено, что химическая активность угля в различных частях угленосной толщи колеблется в широких пределах, ангрэнские угли по химической активности относятся к группе высокоактивных, среди бурых углей — к средним по активности.

Химическая активность угля в разных частях отдельных пластов и пачек колеблется в таких же пределах, как и в угленосной толще, поэтому возможность самовозгорания угля примерно одинакова для всех частей угленосной свиты по мощности и зависит от внешних условий притока воздуха в скопления угля и теплообмена, которые в условиях карьера будут определяться климатическими, геологическими и горнотехническими факторами.

Повышение температуры от 25 до 50 °С и выше дает резкое увеличение химической активности ангрэнских углей, что имеет существенное значение в условиях жаркого климата региона.

Пожарная опасность, естественное проветривание и тепловые условия в карьере в значительной степени обуславливаются климатом района месторождения и микроклиматом карьера.

Основными метеорологическими элементами, определяющими климат, яв-

ляются солнечная радиация, температура и влажность воздуха, осадки, температура почвы и направление ветра.

Исследования климатических факторов позволяют сделать следующие выводы:

- распространенность пожаров по количеству и площади определяются климатическими факторами;
- тепловому периоду (апрель-октябрь) с повышенными значениями солнечной радиации, температуры воздуха и почвы, а также с минимальным количеством осадков соответствует период максимального развития пожаров.
- повышенная температура воздуха и почвы увеличивает химическую активность угля, создает благоприятные условия для накопления тепла в скоплениях окисляющихся материалов, что способствует возникновению эндогенных пожаров.

Геологические и горнотехнические факторы с точки зрения теории самовозгорания угля определяют характер скоплений угля, условия притока воздуха в эти скопления и к реагирующей поверхности кусков и условия теплообмена. Скопления угля на карьерах могут быть качественно в двух состояниях:

- массивы вскрытых угольных уступов;
- скопления разрыхленного угля и смеси угля с породой на уступах, в выработанном пространстве в карьере при переэксплуатации, на внутренних и внешних отвалах, на складах.

Изучение факторов, влияющих на возникновение и развитие пожаров на карьере, позволяет сделать следующие выводы:

- ангрэнские бурые угли по химической активности относятся к группе высокоактивных, а среди бурых углей других месторождений — к средним. Это обуславливает при наличии внешних благоприятных условий возможность

возникновения эндогенных пожаров, что подтверждается практикой разработки месторождения;

- климатические условия в теплый период года (май — октябрь) способствуют возникновению пожаров от самовозгорания угля;

- геологические и горнотехнические условия на карьере способствуют образованию значительных скоплений разрыхленного угля, благоприятных для самовозгорания;

- наиболее перспективными средствами тушения и предупреждения пожаров на карьере являются вода и глинистая пульпа.

Изучение применения воды как средства борьбы с пожарами проводилось и в направлении нагнетания воды в пласты угля как средства предупреждения и тушения пожаров.

Многочисленные исследования [13–17,] показывают, что предварительное увлажнение угля путем нагнетания воды в пласты в условиях шахт является эффективным средством снижения пылеобразования и рекомендуется как средство предупреждения подземных эндогенных пожаров.

Предварительное увлажнение угля рекомендуется также для предупреждения эндогенных пожаров и на карьерах.

Угольный пласт представляет собой пористую трещиноватую среду, характеризующуюся неравномерным распределением пор и трещин и большим разнообразием их размеров и форм.

Так как не все поры и трещины в угольном массиве фильтруют воду [16] то одной из основных характеристик пласта с точки зрения количества подаваемой в него воды является коэффициент эффективной пористости, показывающий часть объема пустот в пласте, которые могут быть заполнены водой при нагнетании:

$$m_3 = m_n - m_3,$$

где m_3 — коэффициент эффективной пористости, %; m_n — коэффициент общей пористости, %; m_3 — коэффициент пористости, учитывающий пространство замкнутых пор и пространство, занятое физически связанными с углем водой и газами, а также свободной водой и газами, %

Практически эффективная пористость определяется через динамическую, связанную с эффективной соотношением:

$$m_9 = m_3^{2/3}.$$

Другим основным параметром, характеризующим свойства пласта и фильтрующей жидкости, является коэффициент фильтрации, показывающий способность пласта пропускать через себя жидкость под действием приложенного градиента давления.

Проф. А.С. Бурчаков на основании расчета критериев Рейнольдса (Re) и экспериментальных исследований установил [14], что для угольных пластов характерен в основном линейный закон с неустановившимся упругим и неупругим режимами движения воды под действием давления при нагнетании ее в пласт.

По данным С.В. Трояновского [17] движение воды в пористых и трещиноватых породах даже при больших скоростях подчиняется закону Дарси, который выражается как

$$V = k J \text{ м/мин,}$$

где V — скорость фильтрации, м/мин; k — коэффициент фильтрации, м/мин; J — напорный градиент.

Напорный градиент определяется из выражения:

$$J = H / X_t$$

где H — давление воды, м. вод. ст.; X_t — расстояние, проходимое водой по пласту за время t , м.

Заключение

Качественная пропитка угольного массива возможна при соответствии темпа

нагнетания водопоглощающим свойствам увлажняемого пласта и максимальном давлении воды при нагнетании. В связи с этим применение нагнетания воды в пласты угля в условиях открытых работ требует предварительного изучения гидравлических свойств пластов в различных зонах от обнаженных поверхностей уступов карьера.

Опытами установлено, что:

- предельная интенсивность пропитки пласта «Мощный» Ангренского бурого углеродного месторождения при его отработке открытым способом происходит на глубине 2,0 м при давлении воды 788–980 кПа, на глубине 4,0 м – при давлении 980–1176 кПа, на глубине 6,0 м – при давлении 1078–1275 кПа;
- предварительное увлажнение угольных пластов понижает химическую активность ангренических бурых углей на 60% и может использоваться как эффективное средство предупреждения пожаров от самовозгорания угля;

- предварительное увлажнение угля является эффективным средством борьбы с пылью во всех звеньях технологического процесса в карьере;

- предварительное увлажнение уменьшает крепость угля до 20%, что приводит к значительному ослаблению угольных уступов, что может обеспечить выемку угля без применения взрывных работ.

Вышеизложенное позволяет рассматривать предварительное увлажнение пластов как комплексное средство предупреждения возникновения эндогенных пожаров, так и эффективное средство борьбы с пылью, понижения крепости угля и прочности массива угольных уступов.

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы в проектных решениях по определению пожароопасности и ее профилактике для новых горных предприятий на Ангренском месторождении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веселовский В. С., Виноградова Л. П., Орлеанская Г. Л., Терпогосова Е. А.* Физические основы самовозгорания угля и руд. – М.: Недра, 1972. – 148 с.
2. *Скочинский А. А., Огиевский В. М.* Рудничные пожары. – М.: Гостоптехиздат, 1954. – 316 с.
3. *Игишев В. Г.* Борьба с самовозгоранием угля в шахтах. – М.: Недра, 1987. – 176 с.
4. *Шестакова И. И.* Условия возникновения эндогенных пожаров на разрезе «Харанорский» // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – № 12 (59). – С. 85–88.
5. *Альперович В. Я., Чунту Г. И., Пашковский П. С., Кошовский Б. И., Эйнер Ф. Ф.* Инкубационный период самовозгорания углей // Безопасность труда в промышленности. – 1973. – № 9. – С. 43–44.
6. *Инструкция по определению инкубационного периода самовозгорания угля.* Нормативные документы в сфере деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. – 2013. – 20 с.
7. *Портола В. А., Галсанов Н. Л.* Повышение эффективности применения азота для давления самовозгорания угля // Вестник КузГТУ. – 2011. – № 5. – С. 59–63.
8. *Син С. А.* Применение азота для борьбы с самовозгоранием угля в шахтах // Вестник КузГТУ. – 2015. – № 1. – С. 167–171.
9. *Портола В. А.* Предупреждение самовозгорания угля снижением его начальной температуры // Безопасность труда в промышленности. – 1995. – № 6. – С. 29–30.
10. *Myers T., Florio B.* Spontaneous combustion of coal // Journal of the Franklin Institute. 2018. Pp. 12–20.

11. Myers G., Mitchell S.L. Safe storage of sugar cane bagasse. Proceedings of the Mathematics in Industry Study Group, South Africa, 2017. African Institute for Mathematical Sciences, Cape Town. Pp. 55 – 68.

12. Zhang J., Ren T., Lian Y., Wang Z. A review on numerical solutions to self-heating of coal stockpile: Mechanism, theoretical basis and variable study // *Fuel*. 2016. Vol. 182 Pp. 80 – 109.

13. Lin Q., Wang S., Song S., Liang Y., Ren T. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition // *Fuel Processing Technology*. 2017. No 159. Pp. 38 – 47.

14. Портола В.А. Влияние профилактического увлажнения на процесс самовозгорания угля // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. — 1984. — № 3. — С. 108 – 110.

15. Левинский О.Б., Спрыгин И.Л. Влияние предварительного увлажнения на химическую активность бурого угля в условиях угольного карьера // *Известия вузов. Горный журнал*. — 1967. — № 5. — С. 51 – 53.

16. Никитин В.С., Чесноков Т.Т. Борьба с пылью и газами на открытых горных работах. — М.: Госгортехиздат, 1961. — 108 с.

17. Трояновский С.В. Законы движения подземных вод и осушение обводненных месторождений полезных ископаемых // *Труды МГИ*. — 1954. — № 13 – 14. — С. 58 – 61.

18. Акбаров Т.Г., Исраилов М.А. Профилактика самовозгорания угля на Ангренском карьере / Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. — Ташкент: Инновация, 2019. — С. 210 – 211.

19. Акбаров Т.Г., Махмудов Д.Р., Исраилов М.А. Особенности разработки мощных угольных пластов, склонных к самовозгоранию // *Вестник ТашГТУ*. — 2019. — № 1. — С. 198 – 202.

20. Акбаров Т.Г., Махмудов Д.Р., Исраилов М.А. Профилактика самовозгорания угля в шахте «Шаргунская» // *Горный вестник Узбекистана*. — 2019. — № 4. — С. 49 – 50. **ПАБ**

REFERENCES

1. Veselovskiy V.S., Vinogradova L.P., Orleanskaya G.L., Terpogosova E.A. *Fizicheskie osnovy samovozgoraniya uglya i rud* [Physics of spontaneous combustion of coal and ore], Moscow, Nedra, 1972, 148 p.

2. Skochinskiy A.A., Ogievskiy V.M. *Rudnichnye pozhary* [Mine fires], Moscow, Gosoptekhizdat, 1954, 316 p.

3. Iqishev V.G. *Bor'ba s samovozgoraniem uglya v shakhtakh* [Combating spontaneous combustion in coal mines], Moscow, Nedra, 1987, 176 p.

4. Shestakova I.I. Endogenous fire conditions in Kharanor opencast mine. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2011, no 12 (59), pp. 85 – 88.

5. Al'perovich V.Ya., Chuntu G.I., Pashkovskiy P.S., Koshovskiy B.I., Eyner F.F. Incubation interval of spontaneous coal combustion. *Occupational Safety in Industry*. 1973, no 9, pp. 43 – 44.

6. *Instruktsiya po opredeleniyu inkubatsionnogo perioda samovozgoraniya uglya. Normativnye dokumenty v sfere deyatelnosti federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru* [Instruction on determination of incubation interval of spontaneous coal combustion. Regulatory documents in the scope of activities of the Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service]. 2013, 20 p. [In Russ].

7. Portola V.A., Galsanov N.L. Stimulation of nitrogen efficiency in suppression of spontaneous combustion of coal. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2011, no 5, pp. 59 – 63.

8. Sin S.A. Nitrogen application in combating spontaneous combustion of coal in mines. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015, no 1, pp. 167 – 171. [In Russ].

9. Portola V.A. Prevention of spontaneous combustion of coal by reduction of its initial temperature. *Occupational Safety in Industry*. 1995, no 6, pp. 29 – 30. [In Russ].

10. Myers T., Florio B. Spontaneous combustion of coal. *Jurnal of the Franklin Institute*. 2018. Pp. 12 – 20.
11. Myers G., Mitchell S. L. Safe storage of sugar cane bagasse. *Proceedings of the Mathematics in Industry Study Group, South Africa, 2017*. African Institute for Mathematical Sciences, Cape Town. Pp. 55 – 68.
12. Zhang J., Ren T., Lian Y., Wang Z. A review on numerical solutions to self-heating of coal stockpile: Mechanism, theoretical basis and variable study. *Fuel*. 2016. Vol. 182 Pp. 80 – 109.
13. Lin Q., Wang S., Song S., Liang Y., Ren T. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition. *Fuel Processing Technology*. 2017. No 159. Pp. 38 – 47.
14. Portola V.A. Effect of preventive humidification on spontaneous combustion of coal. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 1984, no 3, pp. 108 – 110. [In Russ].
15. Levinskiy O. B., Sprygin I. L. Effect of preliminary humidification on chemical activity of lignite in an opencast mine. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. 1967, no 5, pp. 51 – 53. [In Russ].
16. Nikitin V. S., Chesnokov T. T. *Bor'ba s pyl'yu i gazami na otkrytykh gornyykh razrabotkakh* [Dust and gas control in opencast mining], Moscow, Gosgortekhzdat, 1961, 108 p.
17. Troyanovskiy S. V. Groundwater flow laws and drainage of watered mineral deposits. *Trudy MGI*. 1954, no 13 – 14, pp. 58 – 61. [In Russ].
18. Akbarov T. G., Israilov M. A. Профилактика самовозгорания угля на Ангренском карьере. *Sbornik nauchnykh stat'ey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Prevention of spontaneous combustion of coal in Angren opencast mine. International Conference Proceedings], Tashkent, Innovatsiya, 2019, pp. 210 – 211. [In Russ].
19. Akbarov T. G., Makhmudov D. R., Israilov M. A. Features of self-ignitable coal seam mining. *Vestnik Tashkentского gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2019, no 1, pp. 198 – 202. [In Russ].
20. Akbarov T. G., Makhmudov D. R., Israilov M. A. Prevention of spontaneous combustion of coal in Shargun mine. *Mountain Bulletin of Uzbekistan*. 2019, no 4, pp. 49 – 50. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Акбаров Тахиржан Гулямович¹ – канд. техн. наук, профессор,
e-mail: taxirjan.akbarov@tdtu.uz,

Исраилов Мансуржон Абдусаматович¹ – старший преподаватель,
e-mail: mansur.israilov.78@mail.ru,

Махмудов Дилмурод Рахматжонович¹ – PhD., зав. кафедрой,
e-mail: dmahmudov@mail.ru,

¹ Ташкентский государственный технический университет
имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан.

Для контактов: Махмудов Д.Р., e-mail: dmahmudov@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

T.G. Akbarov¹, Cand. Sci. (Eng.), Professor, e-mail: taxirjan.akbarov@tdtu.uz,

M.A. Israilov¹, Senior Lecturer, e-mail: mansur.israilov.78@mail.ru,

D.R. Makhmudov¹, PhD., Head of Chair, e-mail: mahmudov@mail.ru,

¹ Islam Karimov Tashkent State Technical University,
Tashkent, 100095, Republic of Uzbekistan.

Corresponding author: D.R. Makhmudov, e-mail: dmahmudov@mail.ru.

Получена редакцией 30.01.2020; получена после рецензии 23.10.2020; принята к печати 10.12.2020.

Received by the editors 30.01.2020; received after the review 23.10.2020; accepted for printing 10.12.2020.