

## КӨМІР ҚАБАТЫНДАҒЫ ЖЕРАСТЫ ГАЗСЫЗДАНДЫРУ ҰҢҒИМАЛАРЫНАН ГАЗ ШЫҒУЫН АРТТЫРУ

М.С.Усенбеков✉, Е.М. Мейрам, М.Н. Жумабеков, М. Рабатұлы, Т.К. Исабек  
Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан,  
✉ Корреспондент-автор: meirambek46@mail.ru

Бұл жұмыста қабаттың газ шығуын арттыру үшін көмір қабатын гидравликалық айыру әдісін қолдану нәтижелері келтірілген. Бұл ретте диаметрі 93 мм және ұзындығы 40-80 метр ұңғымалар арқылы 300 атм аспайтын қысыммен пакерлер арқылы шахта суы айдалды. Гидравликалық айыру әдісіне дейін және одан кейін ұңғымалардың аузындағы өлшеулер көмір қабатынан газ шығуының орта есеппен 1,8 есе артқанын көрсетті.

**Түйін сөздер:** көмір қабаты, газ шығуы, гидравликалық айыру әдісі, шахта, ұңғыма, жарықшалар, метан.

## INCREASING THE GAS OUTPUT OF UNDERGROUND DEGASSING WELLS IN THE COAL SEAM

M.S. Usenbekov✉, E.M. Meiram, M.N. Zhumabekov, M. Rabatuly, T.K. Isabek  
Abylqas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,  
e-mail: meirambek46@mail.ru

This paper presents the results of the application of hydraulic fracturing of a coal seam to increase its gas recovery. At the same time, mine water was pumped through wells with a diameter of 93 mm and a length of 40-80 meters at a pressure of no more than 300 atm through packers. Measurements at the wellhead before and after hydraulic fracturing showed an increase in coal seam gas recovery by an average of 1.8 times.

**Keywords:** coal seam, gas release, hydraulic fracturing, mine, well, fractures, methane

## ПОВЫШЕНИЯ ГАЗООТДАЧИ ПОДЗЕМНЫХ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН В УГОЛЬНО ПЛАСТЕ

М.С.Усенбеков✉, Е.М.Мейрам, М.Н.Жумабеков, М.Рабатұлы, Т.К.Исабек  
Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан,  
e-mail: meirambek46@mail.ru

В данной работе приведены результаты применения гидроразрыва угольного пласта для повышения его газоотдачи. При этом через скважины диаметром 93 мм и длиной 40-80 метров под давлением не более 300 атм через пакеры закачивалась шахтная вода. Замеры на устье скважин до и после гидроразрыва показали увеличение газоотдачи угольного пласта в среднем в 1,8 раза.

**Ключевые слова:** угольный пласт, газовыделение, гидравлический разрыв, шахта, скважина, трещины, метан.

**Кіріспе.** Көмір қабаттарын игеру тереңдігінің артуымен газ-динамикалық құбылыстардың қауіп жоғарылап, кенжарға газ шығарудың артуы байқалды, бұл көмір өндіру қарқынын тежейді және тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін төмендетеді. Көмір метанның белгілі бір мөлшерін тиісті қысым мен

температурада байланыстырылған күйде ұстай алады. Көмірден метанды алу сорбциялық тепе-теңдік бұзылған және газ ұңғымаларға қарай жылжитын көміртегі массивінің өткізгіштігі жоғарылаған жағдайда ғана мүмкін болады.

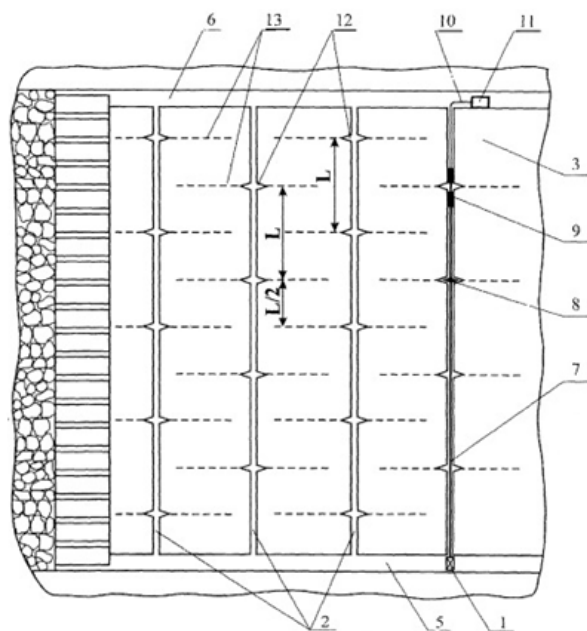
Әлемдік тәжірибеде газсыздандыруды қарқында-

ту әдістерін талдау көмір қабаттарының газ шығару қабылетін өсіру үшін қабатты гидравликалық айыру әдісін (ҚГАӘ) жиі қолданылатынын көрсетеді [1,2,3,4]. ҚГАӘ процесінде пайда болған жарықшалар ұзындығы бірнеше ондаған метрге жетуі мүмкін, бір-бірімен және басқа жарықшалармен байланысып, массивтің өткізгіштігін едәуір арттырады. Бұл әдіс бүгінгі күнге дейін ұңғымалардан газ шығуын арттырудың ең тиімді әдісі болып табылады [5,6,7,8].

Шахта жағдайында гидравликалық айыру әдісі көмір қабатын газсыздандыру мерзімдерін азайту мақсатында және көмір қабаттарының алдын-ала газсыздандыру дәрежесін арттыру үшін қолданылады. Оның мәні көмір қабатында тау жыныстарының массивін ішінара түсіруге, онда тау жыныстарын газсыздандыру үшін сүзгі арналарын құруға арналған жарықтар жүйесін қалыптастырудан тұрады.

**Материалдар мен әдістер.** Қазіргі уақытта көмір қабатын игеру алдында конвейерлік және желдету штректері маңында бұрғыланған ұңғымалар арқылы алдын ала газсыздандыру жүргізіледі, содан кейін оларды 6 ай бойы вакуумдық сорғы станция-

сына қосады. Бұл әдістің кемшілігі ұңғымалардың қабырғалары арқылы ұңғыма маңындағы көмір қабатының өте кішкентай аймағынан газ шығарылады. Сондықтан көмір қабаттарынан газды бұл әдіспен алу тиімділігі осы жағдайларда қауіпсіз жұмысты қамтамасыз ету үшін жеткіліксіз [9]. Көмір қабатының газдылығын төмендетудің негізгі әдісі - газсыздандыру ұңғымаларын дайындық қазбаларынан қазба бағанының денесіне бұрғылау. Тәжірибе көрсеткендей, белсенді газ шығару кезеңі және жалпы газсыздандыру ұңғымасының тиімділігі өте аз, бұл қабаттың физика-механикалық қасиеттеріне байланысты. Көмір қабатын ұңғыма арқылы газ шығару процесін гидроайыру жарықшақтарын қалыптастыру арқылы оған қосымша әсер ету беттерін жасау арқылы күшейтуге болады. Көмір қабатының газ шығынын арттыру арқылы алдын ала газсыздандырудың тиімділігін арттыру үшін жақында көмір массивінің гидроайыруы қолданылады. Көмір қабатын ұңғыма арқылы газ шығару процесін гидроайыру жарықтарын қалыптастыру арқылы оған қосымша әсер ету беттерін жасау арқылы күшейтуге болады.



1-сурет - Гидравликалық айыру әдісімен газдың шығуын ұлғайту схемасы:

- 1-станок; 2-ұңғыма; 3-көмір массиві; 4-тазарту кенжары; 5-конвейер штрегі; 6- желдету штрегі; 7-бұрғылау кондырғы; 8-саңылау түзгіш; 9-тығыздағыш құрылғы; 10-құбыр; 11-сорғы станциясы; 12-инициативті саңылау; 13-гидроайыру жарықшақтары; L-саңылау түзгіштер аралығы

Гидравликалық айыру әдісін орындау үшін арнайы бұрғыланған жерасты ұңғымаларын қолданады. Станок 1 (1-сурет) бұрғыланған көмір массивіндегі 3 ұңғымаларды 2 контурлау қазбаларынан тазарту кенжарына 4 параллель бұрғылайды, мысалы, конвейер штрегінен 5 желдету штрегіне 6 дейін. Содан кейін конвейерлік штрек 5 жағынан ұңғымада 2 бұрғылау қондырғысы бар жабдықты 7, тығыздағыш 9 құрылғысы бар саңылаутүзгішті 8 монтаждау жүргізіледі. Икемді құбыр 10 арқылы тығыздағыш құрылғы 9 желдеткіш штректе 6 орналасқан сорғы станциясына 11 қосылады. Әрі қарай, конвейер штрегінің 5 жағында бастаушы саңылаулар 12 кесіліп, тығыздағыш құрылғы 9 бен саңылау түзгіштің 8 ұзындығының қосындысына тең әрі L-қадаммен саңылаулар түзеді. Бұл әрбір келесі бастау саңылауын 12 кесу кезінде әрбір алдыңғы саңылаутүзушіні тығыздауға және айыруға мүмкіндік береді, бұл саңылаутүзушіні кесу және гидроайыру операцияларын біріктіруге мүмкіндік береді. Сорғы станциясының 11 кесілген инициативті саңылауларын 12 икемді құбыр 10 арқылы қысыммен тығыздағыш құрылғыға 9 айыру үшін жұмыс сұйықтығы беріледі - инициативті саңылау 12 орналасқан ұңғыма аймағы тығыздалады. Тығыздағыш құрылғы 9 орнатылған қысым деңгейінен асып кеткен кезде, жұмыс сұйықтығы инициативті саңылауға 12 жіберіледі және гидроайыру жарықшақтары пайдалады.

Көмір массивін 3 гидроайыру бойынша жұмыстар аяқталғаннан кейін бірінші ұңғыманың 2 бүкіл ұзындығы бойынша оған іргелес келесі ұңғымадағы 2 ұқсас жұмыстарға ауысады, бұл ретте инициативті саңылауларды 12 кесу сол әдіспен және L кесу қадамымен жүргізіледі. Алайда, кейінгі ұңғымадағы 2 инициативті саңылауларды 12 кесу алдыңғы ұңғыманың 2 инициативті саңылауларына 12 қатысты кесу қадамын инициативті саңылаулар 12 арасындағы қашықтықтың жартысына тең шамаға ауыстыра отырып жүзеге асырылады. Осылайша, іргелес ұңғымалардың көмір массивінің гидроайыру жарықшақтары 13 арасындағы қашықтық екі есе азаяды және L/2-ге (1-сурет) тең болады, сондықтан көмір массивінің әсер ету аймағы екі есе көп болады, бұл көмір қабатын кейінгі газсыздандыру тиімділігін арттырады.

Кейінгі ұңғымалар 2 бірдей ретпен өңделеді. Бұл ретте бұрғыланған ұңғымаларда оның бүйір бетіндегі инициативті саңылаулар кесіледі, ұңғыманың үзілу аралығы арнайы пакермен тығыздалады, содан кейін көмірде жарықшақтар пайда болуы үшін қы-

сыммен суды үзіліс аралығына айдайды. Бұл жағдайда инициативті саңылауды кесу кезінде пайда болған көмір бөлшектері ұңғыманың үзілу аралығында ұсталады, айдалатын сумен араластырылады және алынған суспензия жарықшаққа айдалады. Техникалық нәтиже - газды көмір қабаттарын газсыздандыру тиімділігін арттыру болып табылады.

Гидравликалық айыру әдісі диаметрі 93 мм, ұзындығы 40-80 метр ұңғымаларда іске асырылды. Гидравликалық айыру ұңғымалары мен газсыздандыру ұңғымалары судың айыру процесі тоқтағаннан кейін газсыздандыру желісіне қосылды. ҚГАЭ-ның тиімділігі метанның шығуының өсуіне дейін және одан кейін өлшенген дебиттерін салыстыру арқылы анықталды. Сонымен қатар, «Казахстанская» шахтасында қабат ұңғымаларын газсыздандыру желісіне қосу 10 ұңғымадан блокпен жүргізілді, онда ҚГАЭ қолданумен немесе қолданусыз аудандарда метан дебиттеріне салыстыру жүргізілді.

Қабатты гидравликалық айыру сорғының көмегімен шамамен 16 МПа қысыммен айдалатын жұмыс сұйықтығымен жүзеге асырылады. Жұмыс сұйықтығы ретінде шахта су құбырының суы қолданылған [10].

Қабатты гидравликалық айыру сұйықтықтың берілген көлемін қабатқа айдағаннан кейін немесе оның штрек қабырғасында пайда болғаннан кейін тоқтатылады. Көмір қабатын газсыздандыру схемасы суретте келтірілген.

ҚГАЭ бойынша жұмыстардың құрамына мынадай негізгі операциялар кіреді:

- ҚГАЭ өндірісіне дейін ұңғымалардан метан дебитін өлшеу;
- сорғы жабдығын ұңғымаға қосқанға дейін сынау;
- жабдықты 16 МПа астам қысыммен престоу;
- жұмысқа сорғы жабдықтарын қосу;
- айдау қысымын, пакердегі қысымды және жұмыс сұйықтығын айдау көлемін бақылау.

Қолданылатын құрал-жабдықтар:

1. Су айдауға арналған сорғы УНИ:

- 50 л/мин су шығымы;
- максималды қысымы 30 Мпа;
- қозғалтқыштың қуаты 18,5 кВт;

2. ПМО-2У пакері, диаметрі 90 мм, өту тесігі 50 мм.

Герметизатор дайындалған жұмыс ұңғымасында іске қосылады, ол гидравликалық арматура арқылы сорғыға қосылады. Содан кейін бүкіл жүйені жұмыс

сұйықтығымен толтыру және ұнғымадағы гермети-  
затордың алдын ала аралығы (кемінде 7 МПа) жүзе-  
ге асырылады, содан кейін жұмыс сұйықтығы айда-  
лады. Сұйықтықты ұнғымаға айдау процесі қысым  
(әдетте 16 МПа) кем дегенде 10 минут тұрақтанғанға  
дейін жалғасады. Жұмыс процесі мыналарды қамти-  
ды:

- ұзындығы 40-80 метр ұнғыманы бұрғылау.
- пакерді ҚГА ұнғымасына орнату.
- сұйықтықты қабатқа айдау.
- ҚГАӘ өндірісі.
- сұйықтық беруді өшіру және пакердегі қысымды босату.

- сакерді жылжыту.
- жабдықты бөлшектеу.
- келесі ұнғымаға өту.

Ұнғымаларды бұрғылау 332 Дб-1в конвейерлік  
штрек арқылы 20 метрден кейін 24 дана көлемінде  
жүргізілді. Қабаттық газсыздандырудың көтеріліс  
ұнғымасын бұрғылау 8 метрден кейін жүргізілді,  
олардың арасында, яғни 4 метрден кейін алдын ала  
газсыздандыру ұнғымалары арасынан ҚГАӘ өндіру  
үшін ұнғыманы қосымша бұрғылау жүргізілді.

Гидравликалық айыру жұмыстарына дейін және  
кейін қабат газсыздандыру ұнғымаларында метан  
дебитін өлшеу жүргізіліп және ол кестеде көрсетіл-  
ді:

1-кесте - Ұнғымалардағы газ дебиттері

Блок нөмірі	Метан дебиті, м3/мин		Қосымша
	ҚГАӘ-ға дейін	ҚГАӘ-ға кейін	
11 (10 ұнғыма)	0,05	0,11	2,2 есе артты
17 (10 ұнғыма)	0,12	0,19	1,6 есе артты
19 (10 ұнғыма)	0,09	0,15	1,7 есе артты
24 (10 ұнғыма)	0,15	0,15	ҚГАӘ өндіріс аймағынан тыс
17 блоктағы ҚГАӘ ұнғымасы (ұзындығы 65 метр)	-	0,11	Бір ұнғымадағы дебит

Өлшеу әр блокта орнатылған диафрагмаларда  
жүргізілді, сондықтан өлшеу әр ұнғымада емес, 10  
ұнғыма көлемінде жүргізілді.

**Нәтижелер мен талқылау.** Гидравликалық ай-  
ыру әдісіне дейін және одан кейін ұнғымалардың  
аузындағы өлшеулерден көмір қабатынан газ шы-  
ғуының біршама өзгергенін байқауға болады. Кесте-  
ден көріп отырғанымыздай, ұнғымалардан газ шы-  
ғуы орта есеппен 1,8 есе өсті. Мұндай нәтиже  
өнімділіктің өсуімен және алдын ала газсыздандыру  
мерзімінің екі есеге азаюымен көмір қабатын қауіп-

сіз өндеуге мүмкіндік береді.

**Қорытынды.** Жұмыста келтірілген нәтижелер  
«Qarmet» АҚ Көмір департаментінің «Қазақстан»  
шахтасында Д-6 көмір қабатын гидравликалық айы-  
ру әдісімен газсыздандыру тиімділігін көрсетті. Қа-  
лыпты алдын ала газсыздандырудан қарағанда ме-  
танның шығыуы 1,8 есеге артты. Бұл кенжарды пай-  
далануға беру мерзімін қысқартады және оның өнім-  
ділігін екі есеге арттырады. Бұл әдіс Қарағанды бас-  
сейінінің көмір қабаттарын алдын ала газсыздандыру  
кезінде сәтті қолданылуы мүмкін.

### Әдебиеттер

1. Сластун С.В., Ютяев Е.П., Обоснованный выбор технологии пластовой дегазации для обеспечения безопасности подземных горных работ при интенсивной добыче угля. - С.-Петербург // Записки горного института. - 2017. -Т. 223. -С. 125-130.
2. Sampath K.H.S.M., Perera M.S.A., Ranjith P.G. Theoretical overview of hydraulic fracturing break-down pressure. //Journal of Natural Gas Science and Engineering. - 2018. -Vol.58. -P. 251-265. DOI 10.1016/j.jngse.2018.08.012
3. Guo J., Lu Q., Chen H., Wang Z., Chen L., Tang X. Quantitative phase field modeling of hydraulic fracture branching in heterogeneous formation under anisotropic in-situ stress // Journal of Natural Gas Science and Engineering. -2018. - Vol. 56. - P. 455-471. DOI 10.1016/j.jngse.2018.06.009

4. Naik S., Yang S., Bedrikovetsky P., Woolley M. Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells //Journal of Natural Gas Science and Engineering. -2019. -Vol. 67. - P 56-70. DOI 10.1016/j.jngse.2019.04.018
5. Burlutskii E. An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling //Journal of Natural Gas Science and Engineering. -2019. - Vol. 62. - P. 94 -301. DOI 10.1016/j.jngse.2018.12.017
- 6.Zhang Li , Zhang Hui, Guo Hao A case study of gas drainage to low permeability coal seam// International Journal of Mining Science and Technology. – 2017. –Vol. 27(4). - P. 687-692 DOI 10.1016/j.ijmst.2017.05.014
- 7.Сластунов С.В., Ютяев Е.П., Мазаник Е.В., Садов А.П., Позизов А.П. Обеспечение метанобезопасности шахт на основе глубокой дегазации угольных пластов при их подготовке к интенсивной разработке// Уголь. – 2019. - № 7. -С. 42-47.
8. Yutyaev E.,Mazanik E., Slastunov S., Batugin A .Methodology for the Selection of In-Seam Gas Drainage System for Intensive and Safe Coal Mining Synops // E3S E3S Web Conf.2019. -2019. - Vol.105, 01032. DOI 10.1051/e3sconf/201910501032
- 9.Коликов К.С., Сластунов С.В., Мазаник Е.В. Повышение эффективности дегазации при высокопроизводительной выработке угольных пластов.// Безопасность Труда в Промышленности. -2019. -№1. - С. 71-76.
10. Сластунов С.В., Мазаник Е.В., Комиссаров И.А., Хаутиев А.М. Выявление рациональных параметров технологии подземного гидроразрыва в части оптимизации темпа нагнетания рабочей жидкости //Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ). -2018. - № 9. - С. 90-95. DOI 10.25018/0236-1493-2018-9-0-90-96

#### References

1. Slastunov S.V., Yutyaev E.P., Obosnovanniy vybor tekhnologii plastovoi degazatsii dlya obespecheniya bezopasnosti podzemnykh gornykh rabot pri intensivnoi dobyche uglya. - S.-Peterburg // Zapiski gornogo instituta. - 2017. –Т. 223. -S. 125-130. [in Russian]
2. Sampath K.H.S.M., Perera M.S.A., Ranjith P.G. Theoretical overview of hydraulic fracturing break-down pressure. //Journal of Natural Gas Science and Engineering. - 2018. -Vol.58. -P. 251-265. DOI 10.1016/j.jngse.2018.08.012
3. Guo J., Lu Q., Chen H., Wang Z., Chen L., Tang X. Quantitative phase field modeling of hydraulic fracture branching in heterogeneous formation under anisotropic in-situ stress // Journal of Natural Gas Science and Engineering. -2018. - Vol. 56. - P. 455-471. DOI 10.1016/j.jngse.2018.06.009
4. Naik S., Yang S., Bedrikovetsky P., Woolley M. Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells //Journal of Natural Gas Science and Engineering. -2019. -Vol. 67. - P 56-70. DOI 10.1016/j.jngse.2019.04.018
5. Burlutskii E. An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling //Journal of Natural Gas Science and Engineering. -2019. - Vol. 62. - P. 94 -301. DOI 10.1016/j.jngse.2018.12.017
- 6.Zhang Li , Zhang Hui, Guo Hao A case study of gas drainage to low permeability coal seam// International Journal of Mining Science and Technology. – 2017. –Vol. 27(4). - P. 687-692 DOI 10.1016/j.ijmst.2017.05.014
- 7.Slastunov S.V., Yutyaev E.P., Mazanik E.V., Sadov A.P., Ponizov A.P. Obespechenie metanobezopasnosti shakht na osnove glubokoi degazatsii ugol'nykh plastov pri ikh podgotovke k intensivnoi razrabotke// Ugol'. – 2019. - № 7. -S. 42-47. [in Russian]
8. Yutyaev E.,Mazanik E., Slastunov S., Batugin A .Methodology for the Selection of In-Seam Gas Drainage System for Intensive and Safe Coal Mining Synops // E3S E3S Web Conf.2019. -2019. - Vol.105, 01032. DOI 10.1051/e3sconf/201910501032
- 9.Kolikov K.S., Slastunov S.V., Mazanik E.V. Povyshenie effektivnosti degazatsii pri vysokoproizvoditel'noi vyrabotke ugol'nykh plastov.// Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti. -2019. -№1. - С. 71-76. [in Russian]

---

10. Slastunov S.V., Mazanik E.V., Komissarov I.A., Khautiev A.M. Vyyavlenie ratsional'nykh parametrov tekhnologii podzemnogo gidrorazryva v chasti optimizatsii tempa nagnetaniya rabochei zhidkosti //Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten' (GIAB). -2018. - № 9. - С. 90-95. DOI 10.25018/0236-1493-2018-9-0-90-96 [in Russian]

*Авторлар туралы мәліметтер*

Усенбеков М.С.- т.ғ.к., аға оқытушы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің Қарағанды, Қазақстан, e-mail: meirambek1946@mail.ru;

Мейрам Е.М. – т.ғ. бакалавры, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің магистранты, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: erasy1290600@gmail.com;

Жумабеков М. Н. - т.ғ.м., аға оқытушысы Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, ПҚОҚӨ кафедрасының, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: marat\_zhumabekov@inbox.ru;

Рабатұлы М. – Ph. D. докторы, доценттің міндетін атқарушы, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: mukhammedrakhym@mail.ru;

Исабек Т.К. - т.ғ.д., профессор, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің профессоры, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: tyiak@mail.ru

*Information about the authors*

Usenbekov M.S - candidate of Technical Science, senior lecturer, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: meirambek46@mail.ru;

Meiram E.M.- Bachelor of Engineering Science, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: erasy1290600@gmail.com;

Zhumabekov M.N.- Master of Engineering Science, senior lecturer, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: marat\_zhumabekov@inbox.ru;

Rabatuly M.- Ph. D. докторы, associate professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: mukhammedrakhym@mail.ru;

Isabek T.K.- doctor of technical sciences, professor, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: tyiak@mail.ru