

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2025)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/TPDW7598>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/UUCO9792>

**С. А. Мендыбаев¹, *Д. С. Нарынбаев², А. Е. Анарбаев³,
Н. А. Дубинец⁴, Б. Т. Абдрахманов⁵,**

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

²KAZENERGY қауымдастығы, Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

^{3,4,5}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8221-4802>

²ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9705-3420>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6890-8005>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2186-1930>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7817-1275>

*e-mail: d.narynbayev@gmail.com

КОМПРЕССОРЛЫҚ СТАНЦИЯНЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ

Қазіргі заманғы өндіріс күрделі және автоматтандырылған басқаруды қажет етеді, өйткені ескірген әдістер енді тиімді болмайды. Үнемі өсіп келе жатқан өнімділік пен сапа талаптары жағдайында озық басқару жүйелерін енгізу өте маңызды болып табылады. Өнеркәсіптік нысандардың, соның ішінде ғимараттардың, жабдықтардың және технологиялық желілердің сенімді және өнімді жұмысын қамтамасыз ету үшін арнайы басқару жүйесі қажет. Автоматтандырылған басқару жүйелерінің негізінде объектінің оңтайлы алгоритмін анықтайтын математикалық модель жатыр. Бұл алгоритм өндіріс процесінің мақсаттарына жету үшін қойылған міндеттерге байланысты Басқару әсерлерін реттейді.

Бұл жұмыс ауаны қысу және беру процесін автоматтандырылған басқаруға арналған математикалық модельді ұсынады. Статикалық және астатикалық кешіктірілген мінез-құлық, статикалық сипаттама және динамиканы анықтайтын параметрлер сияқты басқарылатын объектінің сипаттамалары талданады. Беріліс функциясы мен беріліс коэффициентін қамтитын ұсынылған математикалық модель компрессорлық станцияның сенімділігі

мен тиімділігін бағалауға және оңтайландыруға мүмкіндік береді. Беру функциясын зерттеу компрессорлық станцияны басқару объектісі үшін жүргізілді, оның негізгі сипаттамалары анықталды, аналитикалық формальды басқару моделі жасалды және эмпирикалық эксперименттік үдеу қисығы орындалды. Зерттеу нәтижелері дамыған математикалық модельдің өнеркәсіптік объектінің сенімділігі мен тиімділігін арттыруға қалай ықпал ететінін көрсетеді.

Кілтті сөздер: Автоматтандырылған басқару жүйесі, математикалық модель, динамикалық өнімділік, компрессорлық станция, беру функциясы.

Кіріспе

Электр энергетикасында компрессорлық станциялар нақты мәселелерді шешу үшін бөлек, қатаң белгіленген жерлерде қолданылады. Олар қажет қолдау үшін оңтайлы қысымды ауаны салқындату жүйелерінде генераторлық және турбиналық жабдықтарды қамтамасыз ету үшін жану газ турбиналарында, сондай-ақ жұмыс істеу үшін пневматикалық басқару жүйелерін және автоматика [1].

Электр энергетикасындағы әртүрлі жүйелердің тиімділігі мен қауіпсіздігі компрессорлық станцияларды қамтамасыз етуге, демек, электр станцияларының өнімділігі мен энергия тиімділігін арттыруға көмектеседі. [2]

Математикалық модельдеу әдістері технологиялық процестермен автоматтандырылған жүйелерді талдау және синтездеу кезінде қолданылады. Атап айтқанда, идеалды компрессорлық станция мысалында біз технологиялық динамикалық процестерді мұқият қарау үшін математикалық модель жасаймыз [3].

Басқару объектісінің математикалық моделін жасау тиімді басқару жүйесін жобалаудың маңызды кезеңі болып табылады. Бұл процестің негізгі мақсаты-объектінің құрылымын анықтау және оның статикалық және динамикалық сипаттамаларын анықтау [4].

Жүйені математикалық модельдеу оны жеке компоненттерге бөлуден және олардың қасиеттерін сипаттаудан басталады. Бұл сипаттаманы компоненттің кіріс және шығыс параметрлері арасындағы байланысты орнататын аналитикалық теңдеулер түрінде немесе сол байланысты бейнелейтін графиктер түрінде ұсынуға болады [5].

Материалдар мен әдістері

Қаралып отырған ауаны сығымдау және айдау технологиялық процесін автоматты басқару жүйесінде мыналарды жүзеге асыру қажет: тұтынушыларға

түсетін ауа қысымын реттеу, машинаны қажетсіз режимдерден қорғау, сондай-ақ майлау майының температурасын реттеу [6].

Агрегатқа кіретін ауа ағынының кинетикалық энергиясы (1) формула бойынша

$$E_{\text{кин}} = \frac{mV^2}{2} \quad (1)$$

мұндағы $E_{\text{кин}}$ – ауа ағынының кинетикалық энергиясы, Дж; m – ауа массасы, кг; v – ауа ағынының жылдамдығы, м/с. [7].

Егер m массасының орнына ауаның массалық тығыздығын ρ , кг/м³ алмастыратын болсақ, онда біз (2) формуласын аламыз, ауаның динамикалық қысымын немесе жылдамдық ағынын q , кгс/м² табамыз

$$q = \frac{\rho V^2}{2} \quad (2)$$

Дроссельдің ашылуы компрессорға түсетін ауаның массалық тығыздығын тікелей анықтайды. Бұл өз кезегінде компрессор тудыратын соңғы қысымға әсер етеді. Басқару объектісінің статикалық сипаттамасы Шығыс қысымы мен дроссельдің тұрақты күйдегі орны арасындағы байланысты сипаттайды.

Статикалық сипаттамалар сызықтық (әр түрлі көлбеу бұрышы бар) немесе сызықтық емес болуы мүмкін. Көптеген нақты жүйелерде сызықтық емес сипаттамалар байқалады [7].

Бұл параметрлер кіріс деректерінің объектінің Шығыс сипаттамаларына қаншалықты әсер ететінін анықтауға мүмкіндік береді. Статикалық сипаттамалар есептеулер немесе эксперименттік зерттеулер арқылы белгіленеді.

Басқару объектісінің динамикалық сипаттамасы оның шығыс сигналы өтпелі режим процесінде кіріс сигналының өзгеруіне қалай жауап беретінін сипаттайды. Объектінің әртүрлі бұзылуларға реакциясы әртүрлі болуы мүмкін болғандықтан, оның динамикасын зерттеу үшін стандартты сынақ әсерлері қолданылады. Ең кең таралған және оңай алынатын көрсеткіштердің бірі-кіріс сигналының күрт өзгеруіне (қадамдық әсер) жауап ретінде шығыс сигналының уақыт бойынша қалай өзгеретінін көрсететін үдеу қисығы. [7]

Үдеткіш қисығы басқару объектісінің динамикалық сипаттамаларын бағалауға мүмкіндік береді, атап айтқанда:

а) кідіріс (τ): кідірісті анықтау үшін шығыс сигналының өзгеру жылдамдығы максималды болатын нүктеде үдеу қисығына тангенс салу керек. Осы тангенсті шығыс сигналының бастапқы белгіленген мәніне сәйкес келетін көлденең сызықпен қиылысқанға дейін жалғастыра отырып, біз қиылысу нүктесін аламыз. Мазасыздық енгізілген сәттен бастап осы қиылысу нүктесіне дейінгі уақыт аралығы Объектінің жалпы кешігуі болып табылады.

б) уақыт константасы ($T_{об}$): уақыт константасы бастапқы тұрақты мән сызығымен тангенстің қиылысу нүктесі (жоғарыда сипатталғандай салынған) мен оның шығу сигналының жаңа тұрақты мәнінің сызығымен қиылысу нүктесі арасындағы уақыт аралығы ретінде анықталады.

в) берілу коэффициенті: статикалық объектілер үшін берілу коэффициенті объектінің бастапқы тұрақты күйден жаңасына ауысқан кезде шығыс сигналының кірудегі бірлік бұзылуына жауап ретінде қаншалықты өзгертетінін көрсетеді. Басқаша айтқанда, бұл шығыс сигналының өзгеруінің тұрақты режимдегі бір кіріс әсерінің шамасына қатынасы.

Алынған деректерді пайдалана отырып, объектінің беру функциясын есептеңіз [7]. Нақтырақ айтқанда, басқару объектісі $W_{об}(s)$ беру функциясымен сипатталатын қарапайым статикалық кешігу жүйесі ретінде ұсынылуы мүмкін.

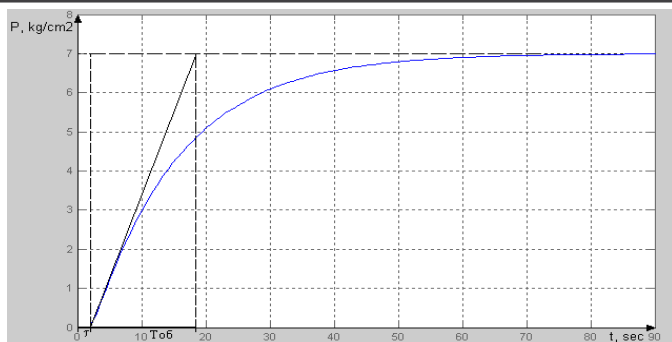
$$W_{об}(s) = k_{об} e^{-\tau s} / (T_{об} s + 1), \quad (3)$$

немесе ең қарапайым статикалық объект

$$W_{об}(s) = k_{об} e^{-\tau s} / s, \quad (4)$$

мұндағы $k_{об}$ – объектінің берілу коэффициенті; τ – кешігу уақыты; $T_{об}$ – объектінің уақыт константасы.

Басқару объектісінің беріліс функциясын табу үшін эмпирикалық түрде алынған үдеу қисығы қолданылады (Сурет 1). [2].



1-сурет – Басқару объектісінің үдеу қисығы

1-суретте өтпелі кезең 16,5 с-қа тең Тоб уақытының тұрақтысымен және 2 с-қа тең тоб–тың кешігу уақытымен сипатталатыны көрсетілген.

Басқару объектісінің берілу коэффициенті (коб) бастапқы стационарлық Күйден Жаңа стационарлық күйге ауысу кезінде туындайтын объектінің Шығыс айнымалысының өзгеруінің реттеуші органның позициясының өзгеру шамасына қатынасын сипаттайды [8].

(3) формула бойынша коб беру коэффициентін табамыз.

$$k_{об} = \frac{x(\infty) - x_0}{\Delta x}, \quad (5)$$

мұндағы $x(\infty)$ – объектінің тұрақты күйі; x_0 – объектінің бастапқы күйі; Δx – реттеуші органның қозғалысы.

(5) формуласына сәйкес мәндерді ауыстыра отырып, біз аламыз

$$k_{об} = \frac{7-0}{1} = 7 \frac{\text{кгс/м}^2}{\%}$$

Ақыр соңында басқару объектісінің беріліс функциясы келесідей болады

$$W_{об}(s) = \frac{7e^{-2s}}{16.5s+1}$$

Айналымдағы майдың температурасын реттеу жүйесі турбокомпрессорға берілетін майдың қажетті температураға ие болуын қамтамасыз етеді [9].

Бұл параметр реттеу үшін таңдалады, өйткені ол турбокомпрессорды қажетті тұтқырлықпен маймен қамтамасыз етуге тікелей әсер етеді. Турбокомпрессор реттеу объектісі ретінде емес, майды тұтынушы ретінде қарастырылады. Сондықтан турбокомпрессор ішіндегі жылу процестері реттелетін май параметріне тікелей әсер етпейді.

Турбокомпрессорға түсетін майдың температуралық режимі майлау жүйесінде «май-салқындатқыш» жылу алмастырғышының көмегімен реттеледі. Бұл жылу алмастырғыш турбокомпрессорға кіре берісте берілген температураны сақтай отырып, май алатын және беретін жылу энергиясы арасындағы тепе-теңдікті қамтамасыз етеді.

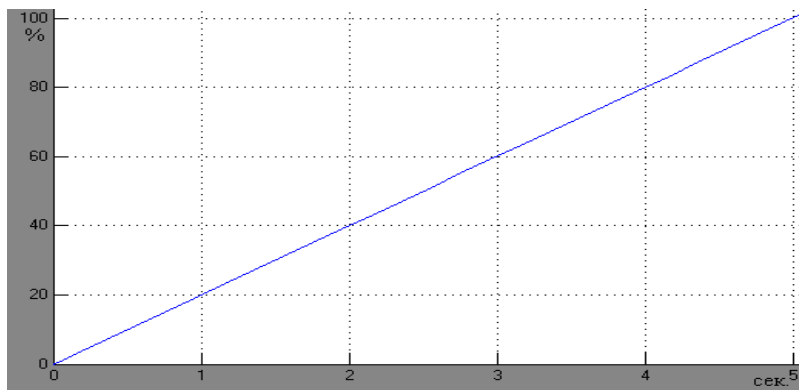
Жылу алмастырғышқа жеткізілетін судың мөлшері, демек, майдың салқындату қарқындылығы тиісті реттеуші органның ашылу дәрежесімен анықталады.

Біз қарастыратын автоматты басқару жүйесіндегі реттеуші орган өзін-өзі теңестірмейтін объект болып табылады және интеграциялық буынмен ұсынылған. Интегралдау буынының беріліс функциясы жалпы формада болады.

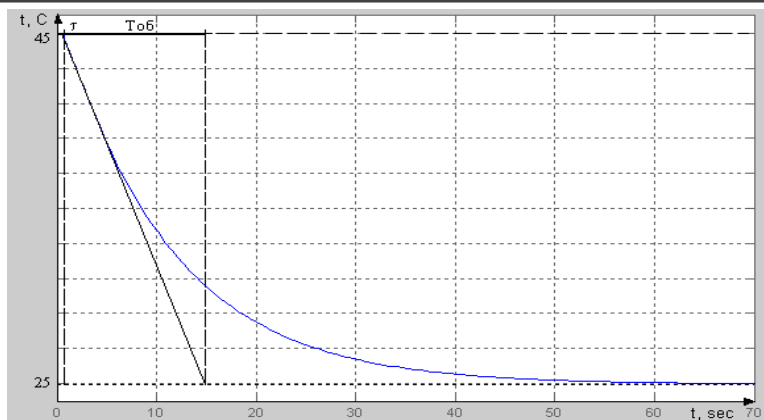
$$W_{\text{И}}(s) = \frac{k_p}{s}. \quad (6)$$

Реттеуші органның беріліс функциясы үдеу қисығымен анықталады (2-сурет).

3-суреттегі графиктен реттеуші органның 100-ге тең кіріктіру коэффициенті және 5 С-қа тең интегралдау уақытының тұрақтысы бар интегралдау буыны ұсынылғанын көруге болады.



2-сурет – Реттеуші органның үдеу қисығы



3-сурет – Басқару объектісінің үдеу қисығы.

Нәтижелер және талқылау

Осылайша, реттеуші органның берілу функциясы келесідей болады

$$W_{po}(s) = \frac{100}{5s} = \frac{20}{s} . \quad (7)$$

Басқару объектісінің эксперименттік үдеу қисығы 3-суретте көрсетілген. 3-суреттен өтпелі уақыттың тұрақтысын анықтаймыз $T_{об} = 14$ с, сондай-ақ кешігу уақыты $t_{об} = 2$ с.

Коэффициент передачи ($k_{об}$) объекта управления характеризует отношение изменения выходной переменной объекта в установившемся режиме к величине изменения управляющего воздействия. [10]

Басқару объектісінің берілу коэффициенті ($k_{об}$) объектінің тұрақты режимдегі Шығыс айнымалысының өзгеруінің басқару әсерінің өзгеру мәніне қатынасын сипаттайды. [10]

(6) формуласына сәйкес мәндерді ауыстыра отырып, біз аламыз

$$k_{об} = \frac{25-45}{1} = -20 \frac{^{\circ}C}{\%} ..$$

Ақыр соңында басқару объектісінің беріліс функциясы келесідей болады

$$W_{06}(s) = \frac{-20e^{-ls}}{14s+1}.$$

Қорытынды

Осылайша, ауаны сығымдау және айдау технологиялық процесін автоматты басқару жүйесі тұтынушыларға келетін ауа қысымын реттеуді, машинаны қажетсіз режимдерден қорғауды, сондай-ақ майлау майының температурасын реттеуді математикалық түрде сипаттайды.

Компрессорлық станцияны басқарудың автоматтандырылған жүйесі үшін жасалған математикалық модель өнеркәсіптік қондырғының сенімді және тиімді жұмысына ықпал етеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Hubka, V.** Theory of Technical Systems [Теория технических систем], A Total Concept Theory for Engineering Design / Vladimir Hubka, Ernst Wolfgang Eder. – Springer Verlag, 1988. – 275 p.

2 **Микеров, А. Г.** Проблема устойчивости первых регуляторов. А. Г. Микеров // Control Engineering Россия. – 2014. № 4 (52). – С. 94–96 – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/281270255_Problema_ustojcivosti_pervyh_regulatorov (Дата обращения 17.04.2024)

3 **Blume, Steven Warren.** Electric Power System Basics for the Nonelectrical Professional (IEEE Press Series on Power and Energy Systems) / Steven Warren Blume. – 2nd Edition. – Wiley-IEEE Press, 2016. – 256 P. – ISBN-10 : 1119180198, ISBN-13 : 978-1119180197 – [Electronic resource]. – URL: <https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/mmc.2024010?viewType=HTML> (Дата обращения 16 April 2024)

4 Some novel results for DNNs via relaxed Lyapunov functionals[J] / Guoyi Li, Jun Wang, Kaibo Shi, Yiqian Tang // Mathematical Modelling and Control. – 2024. – № 4 (1): – P. 110–118. [10.3934/mmc.2024010](https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/mmc.2024010). – [Electronic resource]. – URL: <https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/mmc.2024010?viewType=HTML> (on 16 April 2024)

5 **Maxwell, James Clerk.** On Governors // The Proceedings of the Royal Society. 1868. 100. – 270–283 p. – [Electronic resource]. – URL: <https://royalsocietypublishing.org/> (on 16 April 2024)

6 **Микеров, А. Г.,** Классики линейной теории автоматического регулирования / А. Г. Микеров // Control Engineering Россия. – 2014. № 5(53). – С. 76–79 – [Electronic resource]. – URL: <https://www.researchgate.net/>

[publication/281270532_Klassiki_linejnoi_teorii_avtomaticheskogo_regulirovaniya](#)
(Дата обращения: 17.04.2024)

7 **Воронов, А. А.** Теория автоматического управления: учебник для вузов по специальности «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления / Н. А. Бабаков, А. А. Воронов, А. А. Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1986. – 367 с., ил.

8 Наладка средств измерений и систем технологического контроля: справочное пособие / А. С. Ключев, Л. М. Инн, Е. И. Коломиец, С. А. Ключев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 400 с.

9 Техника чтения схем АСУ и технологического контроля / А. С. Ключев, Б. В. Глазов, М. Б. Миндин, С. А. Ключев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.: ил.

10 **Волкевич, Л. И.** Автоматизация производственных процессов : учебное пособие / Л. И. Волкевич, М. П. Коваль. – 2-е изд., стер. – М. : Машиностроение, 2007. – 380 с.: ил.

REFERENCES

1 **Hubka, V.** Theory of Technical Systems. A Total Concept Theory for Engineering Design / Vladimír Hubka, Ernst Wolfgang Eder. – Springer Verlag, 1988. – 275 p.

2 **Mikerv, A. G.** Problema ustojchivosti pervyh regulyatorov. [The problem of stability of the first regulators]/ A. G. Mikerv // Control Engineering Россия. – 2014. № 4(52). – P. 94–96 – [Electronic resource]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/281270255_Problema_ustojchivosti_pervyh_regulirov (Access date 17.04.2024)

3 **Blume, Steven Warren.** Electric Power System Basics for the Nonelectrical Professional (IEEE Press Series on Power and Energy Systems) / Steven Warren Blume. – 2nd Edition . – Wiley-IEEE Press, 2016. – 256 – P. ISBN-10 : 1119180198, ISBN-13 : 978-1119180197 – [Electronic resource]. – URL: <https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/mmc.2024010?viewType=HTML> (Access date 16 April 2024)

4 Some novel results for DNNs via relaxed Lyapunov functionals[J]/ Guoyi Li, Jun Wang, Kaibo Shi, Yiqian Tang // Mathematical Modelling and Control. – 2024. – № 4(1): – P. 110-118. [10.3934/mmc.2024010](https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/mmc.2024010). – [Electronic resource]. – URL: <https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/mmc.2024010?viewType=HTML> (on 16 April 2024)

5 **Maxwell, James Clerk On Governors.** The Proceedings of the Royal Society. 1868. 100. – P. 270-283– URL: – [Electronic resource]. – <https://royalsocietypublishing.org/> (Access date on 16 April 2024)

6 **Mikero, A. G.** Klassiki linejnoy teorii avtomaticheskogo regulirovaniya [Classics of the linear theory of automatic control] / A. G. Mikero // Control Engineering Russia. – 2014. – № 5(53). – P. 76–79 – [Electronic resource]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/281270532_Klassiki_linejnoy_teorii_avtomaticheskogo_regulirovaniya (Дата обращения: 17.04.2024)

7 **Voronov, A. A.** Teoriya avtomaticheskogo upravleniya: uchebnik dlya vuzov po special'nosti «Avtomatika i telemekhanika». [Theory of automatic control: a textbook for universities specializing in «Automation and Remote Control»] V 2-h ch. Ch. 1. Teoriya linejnyh sistem avtomaticheskogo upravleniya [Theory of linear automatic control systems] / N. A. Babakov, A. A. Voronov, A. A. Voronova. – 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Vysshaya shkola, 1986. – 367 P., il.

8 Naladka sredstv izmerenij i sistem tehnologicheskogo kontrolya: spravocnoe posobie [Adjustment of measuring instruments and process control systems] / A. S. Klyuev, L. M. Inn, E. I. Kolomic, S. A. Klyuev. – 2-e izd., pererab. i dop. M. : Energoatomizdat, 1990. – 400 p.

9 Tehnika chteniya shem ASU i tehnologicheskogo kontrolya [Technique for reading automated control system diagrams and process control] / A. S. Klyuev, B. V. Glazov, M. B. Mindin, S. A. Klyuev. – 3-e izd., pererab. i dop. – M. : Energoatomizdat, 1991. – 432 p.: il.

10 **Volkevich, L. I.** Avtomatizaciya proizvodstvennyh processov : uchebnoe posobie [Automation of production processes] / L. I. Volkevich, M. P. Koval'. – 2-e izd., ster. – M. : Mashinostroenie, 2007. – 380 p.: il.

10.07.25 ж. баспаға түсті.

18.07.25 ж. түзетулерімен түсті.

05.09.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

*С. А. Мендыбаев¹, *Д. С. Нарынбаев², А. Е. Анарбаев³,
Н. А. Дубинец⁴, Б. Т. Абдрахманов⁵*

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана;

²Ассоциация KAZENERGY, Республика Казахстан, г. Астана;

^{3,4,5}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар.

Поступило в редакцию 10.07.25.

Поступило с исправлениями 18.07.25.

Принято в печать 05.09.25.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Современное производство требует сложного и автоматизированного управления, так как устаревшие методы больше не эффективны. В условиях постоянно растущих требований к производительности и качеству, внедрение передовых систем управления становится критически важным. Для обеспечения надежной и продуктивной работы промышленных объектов, включая здания, оборудование и технологические линии, необходима специализированная система управления. В основе автоматизированных систем управления лежит математическая модель, которая определяет оптимальный алгоритм работы объекта. Этот алгоритм регулирует управляющие воздействия в зависимости от поставленных задач, чтобы достичь целей производственного процесса.

В данной работе представлена математическая модель для автоматизированного управления процессом сжатия и подачи воздуха. Анализируются характеристики управляемого объекта, такие как статическое и астатическое поведение с запаздыванием, статическая характеристика и параметры, определяющие динамику. Предложенная математическая модель, включающая передаточную функцию и коэффициент передачи, позволяет оценить и оптимизировать надежность и эффективность работы компрессорной станции. Исследования передаточной функции проведены для объекта управления компрессорной станции, определены его основные характеристики, составлена аналитическая формальная модель управления и выполнена эмпирически экспериментальная кривая разгона. Результаты исследования демонстрируют, как разработанная математическая модель способствует повышению надежности и эффективности функционирования промышленного объекта.

Ключевые слова: Автоматизированная система управления, Математическая модель, Динамические характеристики, Компрессорная станция, Передаточная функция

S. A. Mendybaev¹, *D. S. Narynbayev², A. Ye. Anarbayev³,
N. A. Dubinets⁴, B. T. Abdrakhmanov⁵

¹Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin,
Republic of Kazakhstan, Astana;

²Association KAZENERGY, Republic of Kazakhstan, Astana;

^{3,4,5}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 10.07.25.

Received in revised form 18.07.25.

Accepted for publication 05.09.25.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL AUTOMATED CONTROL SYSTEM COMPRESSOR STATION

Modern production requires complex and automated management, as outdated methods are no longer effective. With ever-increasing demands on productivity and quality, the implementation of advanced management systems is becoming critically important. A specialized management system is needed to ensure reliable and productive operation of industrial facilities, including buildings, equipment, and production lines. Automated control systems are based on a mathematical model that determines the optimal algorithm for the operation of an object. This algorithm adjusts the control actions depending on the tasks set in order to achieve the goals of the production process.

This paper presents a mathematical model for automated control of the compression and air supply process. The characteristics of the controlled object are analyzed, such as static and delayed astatic behavior, static characteristics, and parameters that determine dynamics. The proposed mathematical model, including the transfer function and transmission coefficient, makes it possible to evaluate and optimize the reliability and efficiency of the compressor station. Studies of the transfer function have been carried out for the compressor station control object, its main characteristics have been determined, an analytical formal control model has been compiled, and an empirically experimental acceleration curve has been performed. The results of the study demonstrate how the developed mathematical model contributes to improving the reliability and efficiency of an industrial facility.

Keywords: Automated control system, Mathematical model, Dynamic characteristics, Compressor station, Transfer function.

Теруге 09.09.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4447

Сдано в набор 09.09.2025 г. Подписано в печать 30.09.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4447

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz