

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

№ 1 (2021)

---

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/OGVZ5983>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

---

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

**\*И. О. Косяков, М. Ю. Полушин**

Академия КНБ, Республика Казахстан, г. Алматы

## **ПОДБОР И ТЕСТИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

*В статье рассматривается вопрос подбора и тестирования коэффициентов ПИД-регулятора в системах кондиционирования мобильных комплексов. Подбор пропорционального, интегрального и дифференциального коэффициентов является одной из важнейших задач, так как позволяет обеспечить оптимальный режим работы кондиционера. Для достижения поставленной цели применяется методика проведения эксперимента. Проводится практическое исследование с использованием программируемого контроллера фирмы «ОВЕН» и приложения «OwenLogic». Разрабатывается структурная схема стенда для проведения исследования. Рассматриваются методы амплитудного оптимума, Стогестада, Циглера-Никольса, приводятся способы нахождения коэффициентов ПИД-регулятора данными методами, а также их результирующие значения, полученные либо теоретическим, либо практическим методами. Приводятся результаты установки коэффициентов в ПИД-регулятор, проводится сравнение полученных результатов и подводятся итог об эффективности и надежности всей системы при использовании того или иного метода. В статье, в иллюстрированной форме, приводится выходное значение мощности ПИД-регулятора, а также описывается процесс получения данного результата. В ходе работы выясняется, что все методы обеспечивают плавное регулирование, но для применения в системах кондиционирования мобильных комплексов наиболее подходящим является метод Циглера-Никольса. Данный вывод делается на основе анализа величины того или иного коэффициента ПИД-регулятора.*

*Ключевые слова: ПИД-регулятор, коэффициенты ПИД-регулятора, автоматизация систем кондиционирования воздуха, надежность автоматики, OwenLogic.*

## **Введение**

ПИД-регулятор является настраиваемым компонентом системы автоматизации кондиционирования воздуха мобильных комплексов. Подбор его пропорционального, интегрального и дифференциального коэффициентов является одной из важнейших задач, так как позволяет обеспечить оптимальный режим работы кондиционера [1, 2]. На сегодня существует большое количество методов, и как правило, все они практические, т.е. без физического наличия контроллера и некоторых других компонентов правильно подобрать коэффициенты ПИД-регулятора не получится. Основной задачей, которая стоит перед ПИД-регулятором в мобильном комплексе – это плавный запуск компрессора, подогревающих ТЭНов и вентиляторов для обеспечения как можно меньшей нагрузки на данные компоненты, а также электросеть. Исходя из вышесказанного необходимо обеспечить плавный и сравнительно долгий процесс повышения выходной мощности ПИД-регулятора до 100 %.

**Объект исследования:** мобильные комплексы.

**Предмет исследования:** коэффициенты ПИД-регуляторов.

## **Материалы и методы**

Для подбора коэффициентов ПИД-регулятора и управления процессом нагрева воздуха автоматизированной системы кондиционирования воздуха будет применяться программируемое реле ПР 102-24.2416.06.1 компании «ОВЕН».

В качестве датчика температуры будет выступать датчик влажности и температуры ПВТ100-Н4.2.И.2 компании «ОВЕН». Данный промышленный датчик предназначен для непрерывного преобразования относительной температуры и влажности в два унифицированных сигнала 4...20 мА.

Более подробные характеристики программируемого реле и датчика температуры приведены в источнике [3], также в данном источнике можно ознакомиться с разработанным алгоритмом автоматизации процесса подогрева воздушной массы, а также, непосредственно, с самой программой, которая будет загружаться в контроллер.

Для снятия характеристик, а также настройки ПИД-регулятора к аналоговому выходу будет подключен осциллограф Agilent. В общем виде схема стенда для исследования приведена на рисунке 1.

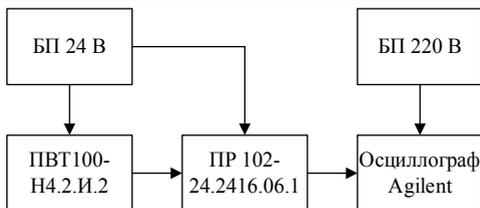


Рисунок 1 – Стенд для настройки коэффициентов ПИД-регулятора

На сегодня существует довольно большое количество методов настройки ПИД-регуляторов, которые включают в себя метод амплитудного оптимума, Стогестада, Куна, Шеделя и множество других методов [4, 5, 6, 7, 8]. Для оптимальной настройки ПИД-регулятора рассмотрим некоторые из них.

Метод амплитудного оптимума заключается в поддержании на уровне единицы величины передаточной функции замкнутого контура регулирования по управляющему воздействию [4]. В этом случае передаточная функция регулятора будет иметь вид:

$$w(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s \quad (1)$$

где  $k_i$ ,  $k_d$ ,  $k_p$  – интегральный, дифференциальный и пропорциональный коэффициенты ПИД-регулятора.

Коэффициенты могут быть найдены путём вычисления матрицы:

$$\begin{bmatrix} k_p \\ k_i \\ k_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_1 & A_0 & 0 \\ -A_3 & -A_2 & -A_1 \\ -A_5 & A_4 & -A_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -0,5 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Данный метод требует проведения расчётов, и в источнике [4] приведены результаты, найденные данным способом:  $k_i=6,757$ ;  $k_d=9,749$ ;  $k_p=16,662$ . Далее необходимо рассмотреть остальные варианты и выбрать самый подходящий.

Метод Циглера-Никольса является экспериментальным, и для его реализации необходимо установить дифференциальный и интегральный коэффициенты на 0, т.е. задействовать регулятор только в режиме П-регулирования, увеличивая пропорциональную составляющую до тех пор, пока в системе не возникнут колебания, имеющие вид, представленный на рисунке 2. Затем необходимо измерить период колебаний и задать параметры регулятора в соответствии с формулами, представленными в таблице 1.

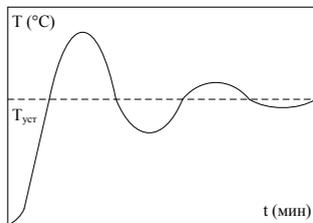


Рисунок 2 – Колебания при настройке ПИД-регулятора методом Циглера-Никольса

Параметры, приведенные в таблице 1 в разных источниках, имеют различные значения [4, 9]. Поэтому для удобства приведены значения, взятые из двух источников.

Таблица 1 – Параметры ПИД-регулятора

Источник	$k_p$	$k_i$	$k_d$
[4]	$0,60 k_p$	$1,2 k_p/T$	$0,75 k_p/T$
[9]	$0,60 k_p$	$2 k_p/T$	$k_p T/8$

В результате настройки системы, исходя из значений таблицы 1 были получены коэффициенты, приведенные в таблице 2.

Также одним из методов подбора коэффициентов ПИД-регулятора является метод Стогестада, который заключается в идентификации параметров модели объекта управления, и дальнейшего определения необходимых параметров настройки ПИД-регулятора [4]. Для апериодического звена второго порядка с транспортным запаздыванием параметры могут быть найдены по формуле:

$$k_p = \frac{T_1}{k(T_c + \tau)}, \quad T_i = \min[T_1; c(T_c + \tau)], \quad T_d = T_2 \quad (3)$$

где  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $k$ ,  $\tau$  – параметры объекта;  $c$  – параметр обеспечивающий апериодический вид переходного процесса на выходе системы управления. В источнике [4] согласно данному методу были получены следующие параметры:  $k_i=12,9$ ;  $k_d=9,6$ ;  $k_p=10,3$ .

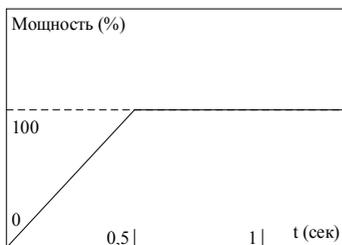
### Результаты и их обсуждение

В ходе проведения эксперимента в ПИД- регулятор устанавливались значения коэффициентов, полученные различными способами и для удобства сведённые в таблицу 2.

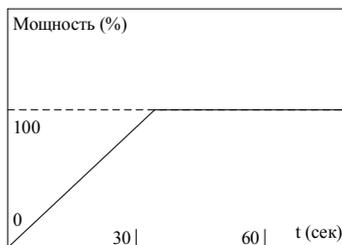
Таблица 2 – Найденные параметры ПИД-регулятора

Метод	$k_p$	$k_i$	$k_d$
Амплитудный оптимум	16,662	6,757	9,749
Циглера-Никольса 1	0,06	0,192	0,12
Циглера-Никольса 2	0,06	0,32	0,78
Стогестада	10,3	12,9	9,6

Внешняя температура поддерживалась на уровне 2-х градусов Цельсия, уставка необходимой температуры находилась на уровне 30 градусов. При установке коэффициентов, полученных методом амплитудного оптимума, наблюдалась картина, представленная на рисунке 3 а. Мощность, повысилась с 0 до 100 % за 0,5 сек. и стало совершенно очевидно, что данный результат не подходит, ведь необходимо плавное повышение мощности за довольно длительный период. Для спасения метода амплитудного оптимума было принято решение уменьшить коэффициенты в 10 раз и повторить эксперимент, т.к. исходя из полученного графика коэффициенты слишком велики. После уменьшения коэффициентов наблюдалась картина, представленная на рисунке 3 б, данный результат вполне приемлем, но тем не менее повышение мощности происходит слишком быстро. Для увеличения времени процесса был увеличен интегральный коэффициент до значения равного 2, и повышение мощности происходило плавно в течении 1 минуты. Данный результат вполне приемлем, т.к. дальнейшим увеличением интегральной составляющей можно увеличивать длительность процесса до необходимого уровня.



(а)



(б)

Рисунок 3 – Графики повышения мощности на выходе ПИД-регулятора при установке коэффициентов, полученных методом амплитудного оптимума

Следующим этапом стала установка коэффициентов, полученных методами Циглера-Никольса 1 и 2 соответственно. Полученный результат приведён на рисунке 4. И первый и второй методы Циглера-Никольса показали отличный результат, выходная мощность ПИД-регулятора плавно

повышалась для первого метода в течении 28 секунд, для второго в течении 36 секунд. При увеличении интегрального коэффициента до 2 и в первом и во втором случае удалось добиться результата увеличения мощность от 0 до 100 % в течении 2 минут 15 секунд, что приемлемо.

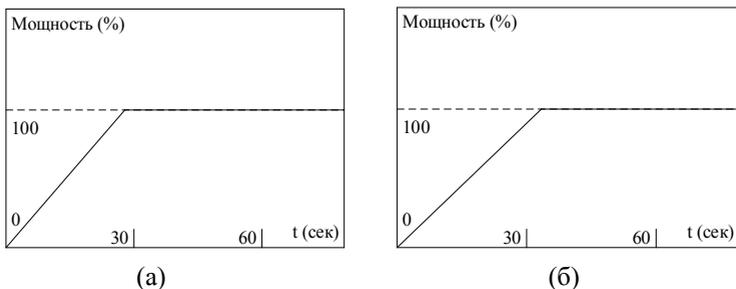


Рисунок 4 – Графики повышения мощности на выходе ПИД-регулятора при установке коэффициентов, полученных методом Циглера-Никольса 1 (а) и 2 (б)

Завершающим этапом эксперимента стала установка коэффициентов, полученных методом Стогестада, и исходя из результатов амплитудного оптимума коэффициенты заранее были уменьшены в 10 раз. Результат эксперимента приведен на рисунке 5. При использовании коэффициентов, полученных методом Стогестада, мощность плавно поднималась от 0 до 100 % в течении 22 секунд, для увеличения длительности процесса, интегральный коэффициент был увеличен до 2 и в результате данного увеличения был получен результат в 1 минуту и 25 секунд, что также, как и в предыдущих экспериментах является приемлемым.

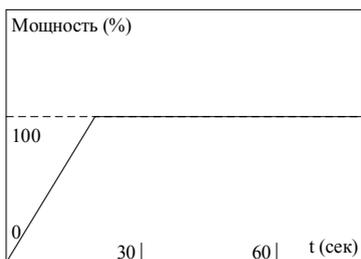


Рисунок 5 – График повышения мощности на выходе ПИД-регулятора при установке коэффициентов, полученных методом Стогестада

Для удобства результаты экспериментов были занесены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты экспериментов

Метод	t (сек) с исходными параметрами	t (сек) с $k_i=2$
Амплитудный оптимум (/10)	36	60
Циглера-Никольса 1	28	135
Циглера-Никольса 2	36	135
Стогестада (/10)	22	85

### Выводы

Все 4 исследуемых в статье метода показали свою состоятельность и неплохие результаты. Во всех четырёх случаях повышение коэффициента интегрирования вело к увеличению длительности процесса повышения мощности, и как следствие увеличению надежности системы. Тем не менее если обращаться к общим правилам, приведённым в [10, 11, 12, 13] и полученных путём проведения большого количества теоретического анализа и численных экспериментов лучшим методом, является метод Циглера-Никольса 2, так как он имеет самое низкое значение пропорционального коэффициента и самое высокое значение дифференциального коэффициента, и, следовательно, надежность всей системы будет значительно выше чем у других методов [14]. Также стоит отметить ограничения интерпретирования результатов работы, связанные с определенными условиями, поставленными в ходе её выполнения.

### Список использованных источников

- 1 **Кашкаров, А. П.** // Установка, ремонт и обслуживание кондиционеров [Текст] – Москва : ДМК ПРЕСС, 2019. – 120 с.
- 2 **Корх, Л.** // Всё о кондиционерах [Текст] – Москва : 2016. – 72 с.
- 3 **Косяков И. О.** Разработка программы управления нагревом воздуха для автоматизированной системы кондиционирования мобильного комплекса // Вестник Satbayev University – 2021 – № 7.
- 4 **Сидорова, А. А.** Определение наиболее эффективного метода настройки ПИД-регулятора // Институт кибернетики Национального исследовательского Томского политехнического университета. Информационные технологии в системах автоматизации – 2012 – № 5. – С. 143 – 150.
- 5 **Рогов, В. А., Чудаков, А. Д.** Средства автоматизации и управления [Текст] // Учебник. – Москва: 2016. – 404 с.
- 6 **Смирнов, Ю. А.** Технические средства автоматизации и управления [Текст] // Учебное пособие. – Санкт-Петербург: 2017. – 456 с.

7 **Схиртладзе, А. Г., Федотов, А. В., Хомченко, В. Г.** Автоматизация технологических процессов и производств [Текст] // Учебник. – Москва : 2012. – 565 с.

8 **Ерофеев, А. А.** Теория автоматического управления [Текст] // Учебник для вузов. – Москва : 2008. – 302 с.

9 **Безхмельнов, В. Д., Солнцев, В. И., Сухов, Ж. С.** Использование методов настройки и автоподстройки систем автоматического управления температурой на основе программируемого логического контроллера фирмы В&R // Инженерный вестник – 2017 – № 5 – С. 16 – 25.

10 **Astrom, K. J., Hagglund, T.** Advanced PID control. [Текст] // ISA The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2006. – 460 p.

11 **Astrom, K. J., Lee, T. H., Tan, K. K., Johansson, K. H.** Recent advances in relay feedback methods - A survey [Текст] // IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 'Intelligent Systems for the 21st Century' – 1995 – vol. 3 – P. 2616 – 2621.

12 **Astrom, K. J., Hang, C. C., Lim, B. C.** A new Smith predictor for controlling a process with an integrator and long dead-time [Текст] // IEEE Transactions on Automatic Control – 1994 – vol. 39, Issue 2, – P. 343 – 345.

13 **Тетеревков, И. В.** // Надежность систем автоматизации [Текст] – Москва : 2019. – 357 с.

14 **Fazlollahtabar, H.** Reliability Models of Complex Systems for Robots and Automation. [Текст] // CRC Press: 2018. – 107 с.

## References

1 **Kashkarov, A. P.** // Ustanovka, remont i obsluzhivanie kondicionerov. [Kashkarov A. P. Installation, repair and maintenance of air conditioners] [Text] – Moscow, DMK PRESS, 2019. – 120 p.

2 **Korh, L.** // Vsjo o kondicionerah [Korkh L. All about air conditioners] [Text] – Moscow : 2016. – 72 p.

3 **Kossyakov, I. O.** Razrabotka programmy upravleniya nagrevom vozduha dlya avtomatizirovannoj sistemy kondicionirovaniya mobil'nogo kompleksa [Kossyakov I. O. Development of heating control program for mobile complex automated air conditioning system] // Vestnik Satbayev University – 2021 – № 7.

4 **Sidorova, A. A.** Opredelenie naibolee effektivnogo metoda nastrojki PID-regulyatora [Sidorova A. A. Determining the most effective method for setting up the PID controller] [Text] // Institut kibernetiki Nacional'nogo issledovatel'skogo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Informacionnye tekhnologii v sistemah avtomatizacii – 2012 – № 5. – P. 143 – 150.

5 **Rogov, V. A., Chudakov, A. D.** Sredstva avtomatizacii i upravlenija [Rogov V. A., Chudakov A. D. Automation and control facilities] [Text] // Textbook. – Moscow, 2016. – 404 p.

6 **Smirnov, Ju. A.** Tehnicheskie sredstva avtomatizacii i upravlenija [Smirnov Yu.A. Technical means of automation and control] [Text] // Tutorial. – St. Petersburg, 2017. – 456 p.

7 **Skhirtladze, A. G., Fedotov, A. V., Homchenko, V. G.** // Avtomatizaciya tekhnologicheskikh processov i proizvodstv. Uchebnik. [Skhirtladze A. G., Fedotov A.V., Khomchenko V. G. Automation of technological processes and production] [Text] – Moscow, 2012. – 565 p.

8 **Erofeev, A. A.** Teorija avtomaticheskogo upravlenija [Erofeev A. A. Automatic control theory] [Text] // Textbook for universities. – Moscow, 2008. – 302 p.

9 **Bezkhmel'nov, V. D., Solncev, V. I., Suhov, Zh. S.** Ispol'zovanie metodov nastrojki i avtopodstrojki sistem avtomaticheskogo upravleniya temperaturaj na osnove programmiruemogo logicheskogo kontrollera firmy B&R [Bezkhmel'nov V. D., Solntsev V. I., Sukhov Zh. S. The use of methods of tuning and auto-tuning of automatic temperature control systems based on a programmable logic controller of B&R] [Text] // Inzhenernyj vestnik – 2017 – № 5 – S. 16 – 25.

10 **Astrom, K. J., Hagglund, T.** Advanced PID control. [Текст] // ISA The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2006. – 460 p.

11 **Astrom, K. J., Lee, T. H., Tan, K. K., Johansson, K. H.** Recent advances in relay feedback methods – A survey [Текст] // IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 'Intelligent Systems for the 21st Century' – 1995 – Vol. 3 – P. 2616 – 2621.

12 **Astrom, K. J., Hang, C. C., Lim, B. C.** A new Smith predictor for controlling a process with an integrator and long dead-time [Текст] // IEEE Transactions on Automatic Control – 1994 – Vol. 39, Issue 2, – P. 343 – 345.

13 **Teterevko, I. V.** // Nadezhnost' sistem avtomatizacii [Teterevko I. V. Reliability of automation systems] [Text] – Moscow, 2019. – 357 p.

14 **Fazlollahtabar, H.** Reliability Models of Complex Systems for Robots and Automation. [Текст] // CRC Press, 2018. – 107 p.

Материал поступил в редакцию 19.03.21.

*И. О. Косяков, М.Ю. Полушин*

**Мобильді комплексердің абаны кондиционарлау жүйелерінде колдануға ПИД- контроллерінің коэффициенттерін таңдау және сынау**

ҰҚК Академиясы,

Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

Материал 19.03.21 баспаға түсті.

*I. O. Kossyakov, M. Yu. Polushin*

## **Selection and testing of PID regulator coefficients for use in air conditioning systems of mobile complexes**

NSC Academy,  
Republic of Kazakhstan, Almaty.  
Material received on 19.03.21.

*Мақалада жылыжымалы кешендердің ауа баптау жүйелеріндегі PID контроллерінің коэффициенттерін таңдау және сынау мәселесі талқыланады. Пропорционалды, интегралды және дифференциалды коэффициенттерді таңдау маңызды міндеттердің бірі болып табылады, өйткені ол кондиционердің оңтайлы жұмыс режимін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Осы мақсатқа жету үшін эксперимент әдісі қолданылады. Практикалық зерттеу OWEN бағдарламаланатын контроллері мен OwenLogic қосымшасын қолдану арқылы жүзеге асырылуда. Зерттеу жүргізу үшін стендтің құрылымдық схемасы әзірленуде. Амплитудалық оптимал Стогестад, Зиглер-Николс әдістері қарастырылған, осы әдістермен ПИД-контроллерінің коэффициенттерін табу әдістері, сондай-ақ олардың теориялық немесе практикалық әдістермен алынған мәндері келтірілген. ПИД-контроллерінде коэффициенттерді орнату нәтижелері ұсынылады, алынған нәтижелер салыстырылады және сол немесе басқа әдісті қолданған кезде бүкіл жүйенің тиімділігі мен сенімділігі туралы қорытынды жасалады. Мақалада суреттелген түрде PID контроллері қуатының Шығыс мәні келтірілген, сонымен қатар осы нәтижені алу процесі сипатталған. Жұмыс барысында барлық әдістер тегіс реттеуді қамтамасыз етеді, бірақ Циглер-Никольс әдісі мобильді кешендерді кондиционерлеу жүйелерінде қолдану үшін ең қолайлы болып табылады. Бұл қорытынды PID реттегішінің белгілі бір коэффициентінің мәнін талдау негізінде жасалады.*

*Кілтті сөздер: PID контроллері, PID контроллерінің коэффициенттері, кондиционерлеуді автоматтандыру, автоматиканың сенімділігі, OwenLogic.*

*The article discusses the issue of selection and testing of PID controller coefficients in air conditioning systems of mobile complexes. The selection of proportional, integral and differential coefficients is one of the most important tasks, as it allows you to ensure the optimal operation of the air conditioner. To achieve this goal, the method of conducting the experiment is used. A practical study is being carried out using a programmable controller of the «OWEN» company and the «OwenLogic» application. A block diagram of the stand for conducting the research is being developed. The methods of amplitude optimum, Stogestad, Ziegler-Nichols are considered, methods of finding the coefficients of the PID controller by these methods are given, as well as their resulting values obtained either by theoretical or practical methods. The results of setting the coefficients in the PID controller are presented, the results obtained are compared, and a summary is made on the efficiency and reliability of the entire system when using one method or another. In the article, in an illustrated form, the output power value of the PID controller is given, and the process of obtaining this result is described. In the course of the work, it turns out that all methods provide smooth regulation, but for use in air conditioning systems of mobile complexes, the Ziegler-Nichols method is the most suitable. This conclusion is made on the basis of the analysis of the value of a particular coefficient of the PID controller.*

*Keywords: PID controller, PID controller coefficients, air conditioning automation, automation reliability, OwenLogic.*

Теруге 19.03.2021 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2021 ж. қол қойылды.  
Электрондық баспа  
17,4 Мб RAM  
Шартты баспа табағы 21,0. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева  
Корректор: А. Р. Омарова  
Тапсырыс № 3746

Сдано в набор 19.03.2021 г. Подписано в печать 29.03.2021 г.  
Электронное издание  
17,4 Мб RAM  
Усл. печ. л. 21,0. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева  
Корректор: А. Р. Омарова  
Заказ № 3746

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған  
«Торайғыров университет»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы  
«Торайғыров университет»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
8 (7182) 67-36-69  
E-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)  
[www.vestnik.tou.edu.kz](http://www.vestnik.tou.edu.kz)