

# Применение методов конвейерной обработки данных в теплоэнергетике

<sup>1</sup>САГЫНГАНОВА Индира Кенесовна, PhD, старший преподаватель, sagynganova\_ik@enu.kz,

<sup>2\*</sup>КАЛИНИН Алексей Анатольевич, PhD, зав. кафедрой, a.kalinin@kstu.kz,

<sup>2</sup>САВЧЕНКО Наталья Каримовна, магистр, старший преподаватель, sav\_nata@mail.ru,

<sup>2</sup>САГАТБЕКОВА Марал Карихановна, магистр, преподаватель, miss.amaly@mail.ru,

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, 010008, Нур-Султан, ул. Сапгаева, 2,

<sup>2</sup>Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Цель статьи в обосновании использования методов конвейерной обработки данных по считыванию и обработке параметров теплоснабжения с автоматизированных тепловых пунктов. Данные методы основываются на переменных циклах опроса параметров теплоснабжающих систем с учетом их динамических характеристик. Показаны преимущества использования в распределенных автоматизированных системах управления механизмов конвейерного выполнения задач. Описана многопоточность и области ее применения. Приведен алгоритм работы реализованного модуля опроса параметров автоматизированного теплового пункта. Применение разработанных SMART-систем и принципов позволит повысить надежность, экономичность как тепловых пунктов, так и системы теплообеспечения в целом.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, тепловой пункт, автоматизация, конвейерная обработка информации, многопоточность, программный модуль, языки программирования.

## Введение

На сегодняшний день распределение и регулирование тепловой энергией как внутри, так и снаружи зданий в соответствии с потребностью являются одним из способов энергосбережения [1]. При этом использование современных технологий управлением теплопунктами, создание автоматизированных тепловых пунктов, объединёнными в единую сеть, позволит значительно сэкономить не только электрическую энергию, но и более рационально осуществить распределение тепла в жилых и промышленных помещениях [1].

В последнее время в тепловой автоматике на базе программно-аппаратных средств, включая современные интеллектуальные датчики и промышленные контроллеры, начали интенсивно создаваться и внедряться системы, ориентированные на решение локальных задач автоматизации на уровне тепловых пунктов [2]. Тепловой пункт (ТП) – один из главных элементов системы централизованного теплоснабжения зданий, выполняющий функции приема теплоносителя, преобразования (при необходимости) его параметров, распределения между потребителями тепловой энергии и учета ее расходования. Оснащение ТП приборами контроля и учета теплоносителя, датчиками давления и температуры, автоматическими задвижками и переключателями под управ-

лением локального контроллера превратит его в автоматизированный ТП и позволит получить экономический эффект по оптимальному обеспечению теплом локального задания. Вместе с тем, для того чтобы получить экономический эффект в целом по району или городу при централизованной схеме теплообеспечения, необходима оперативная информация от каждого такого автоматизированного ТП в едином диспетчерском центре, откуда возможно управление всей схемой теплоснабжения. Решение этой проблемы не только в объединении всех автоматизированных ТП в единую сеть, но и в применении особых методов управления теплотокатами как на локальном уровне (автоматизированные ТП), так и глобальном – в диспетчерском центре. При этом в диспетчерском центре будет существенно возрастать поток входной информации от каждого вновь вводимого автоматизированного ТП.

Также надо учитывать, что в процессе работы возникают конфликтные режимы или аварии – тогда локальные системы управления на уровне контроллера в автоматизированном ТП не справятся с управлением режимами. Здесь необходимо централизованное перераспределение энергетических потоков, реализуемое в реальном времени. В результате поток информации как в диспетчерский пункт, так и из него, для разреше-

ния аварийной или конфликтной ситуации возрастает многократно.

Предлагается концепция измерения и обработки информации в централизованных системах теплоснабжения, базирующаяся на переменных циклах опроса параметров теплоснабжения на автоматизированных тепловых пунктах с учетом их динамических характеристик с последующей конвейерной обработкой информации на верхнем уровне управления.

В тепловом пункте выделяются группы параметров с различающимися динамическими характеристиками:

1. Контроль срабатывания защит;
2. Контроль давления, расхода и электропотребления;
3. Контроль температур.

На центральные диспетчерские пункты периодически передается информация о температуре теплоносителя, усредненные данные о давлении и расходе на тепломагистрали и электропотреблении. Оперативно передается информация о срабатывании защит. Опрос параметров теплового пункта может быть осуществлен с разными периодами: за состоянием приборов защиты нужно следить в реальном времени, за давлением и расходом теплоносителя достаточно минутных интервалов, а за температурой – часовых.

Для обработки значительного объема информации на центральных диспетчерских пунктах эффективны методы конвейерной или многопоточной обработки данных [3-5]. Применительно к системам централизованного теплоснабжения города эти методы описаны в [5, 6].

### Конвейерная обработка данных

Преимущества наличия в распределенных автоматизированных системах управления (АСУ) механизмов конвейерного выполнения задач следуют из теории развития производства и преобразования информации. Предлагается методика типизации задач в АСУ тепловых пунктов с конвейерным типом обработки данных, так как одним из этапов организации технологии обработки данных является этап определения типовых задач и типовых последовательностей задач, которые организуются в конвейерный план обработки данных. Очевидно, что при организации однотипных последовательностей задач в конвейерный план повышается эффективность работы распределенных АСУ [1].

Рассмотрим модельно-алгоритмические процедуры, позволяющие проследить влияние процесса накопления информации в АСУ на эффективность планирования задач при их конвейерном выполнении. Для класса задач в распределенных АСУ проблема минимизации ресурсов решается в общем виде с помощью метода оценки достаточной мощности системы обработки данных (СОД) [5].

В основе метода лежит математический ап-

парат теории массового обслуживания с ожиданием (очередью). Задача разработки модели, позволяющей получить оценку мощности СОД с накоплением информации, является в настоящее время актуальной. Данная задача относится к проблеме минимизации ресурсов АСУ тепловых пунктов. Используем в качестве инструмента для оценки мощности СОД при эффективности конвейерной обработки в АСУ модель определения длительности одного интервала обслуживания в зависимости от объема информации  $V(t)$  [5, 7]:

$$\tau[V(t)] = \frac{\tau_{const} + \tau_{var}[V(t)]}{M}, \text{ с}, \quad (1)$$

где  $\tau[V(t)]$  – длительность одного интервала обслуживания, с;

$M$  – количество процессоров в СОД, шт.;

$\tau_{const}$  – постоянная интервала обслуживания, определяемая временем, затрачиваемым непосредственно на выполнение работ по обслуживанию требования, с;

$\tau_{var}[V(t)]$  – составляющая интервала обслуживания, которая зависит от объема информации, с.

В целом параметр  $\tau_{var}[V(t)]$  определяется временем, затрачиваемым на выполнение действий с информацией и принятие решений.

### Поточная обработка данных

Применительно к программному обеспечению «процесс» – это объект, который создается операционной системой для каждого приложения в момент его запуска. Он характеризуется собственным адресным пространством, которое напрямую недоступно другим процессам. В рамках процесса создаются потоки, причем один (первичный) создается всегда. Внутри потока содержится последовательность выполняемых команд процессора. В приложении может быть несколько потоков. Потоки в процессе разделяют совместно используемые данные и имеют собственные стеки вызовов и локальную память потока.

Операционная система называется многопоточной, если поддерживает параллельную или псевдопараллельную работу нескольких программ. А приложение называется многопоточным, если его отдельные компоненты работают одновременно или псевдоодновременно, не мешая друг другу.

Многопоточность используется:

- при выполнении длительных процедур, ходом выполнения которых надо управлять;
- функциональном разделении программного кода, например, пользовательский интерфейс и функции обработки информации;
- обращении к серверам и службам Интернета, базам данных, передаче данных по сети;
- одновременном выполнении нескольких задач, имеющих различный приоритет.

При работе с потоками требуется специальный инструментальный язык программирования.

Например, класс Thread в C# создаёт потоки и управляет ими: устанавливает приоритет и статус потоков.

### Модуль опроса параметров ТП

При написании модуля опроса параметров ТП был использован язык Go. Golang (или Go) – это компилируемый язык программирования с открытым исходным кодом, разработанный Google в 2009 году. Этот язык стал альтернативой Java и C++ для разработчиков приложений, предложив им удобочитаемость кода и четкую документацию, а также доступ ко многим функциям. Его механизмы многопоточности позволяют легко писать программы, которые максимально используют возможности многоядерных и сетевых машин, а его новая система типов данных обеспечивает гибкое и модульное построение программ. Go быстро компилируется в машинный код, он быстр, статически типизирован.

Многопоточное программирование во многих средах затруднено для корректной реализации доступа к общим переменным. В языке Go поддерживается другой подход, в котором общие переменные (shared values) передаются через каналы и никогда активно не распределяются по

исполняемым потокам. Только одна го-рутина (go-routine) имеет доступ к переменной в любой момент. Го-рутины имеют простую модель: это функция, выполняющаяся параллельно с другими го-рутинами в одном адресном пространстве. Они легковесны и растут по мере необходимости путем выделения или освобождения в куче. Го-рутины распределяются на несколько потоков операционной системы, и, если одна заблокируется, например, из-за ожидания I/O, другие продолжат работу (рисунки 1-2).

Предложенная в [8-10] концепция измерения и обработки информации в централизованных системах теплоснабжения базируется на переменных циклах опроса параметров теплоснабжающих систем на тепловых пунктах с учетом их динамических характеристик с последующей конвейерной обработкой информации на верхнем уровне автоматизированных систем централизованного теплоснабжения. Опрос технологических параметров работы теплового пункта может быть осуществлен с разными периодами. В тепловом пункте выделяются группы параметров с различающимися динамическими характеристиками:

- значение температуры сетевой воды в подающем трубопроводе, °С;

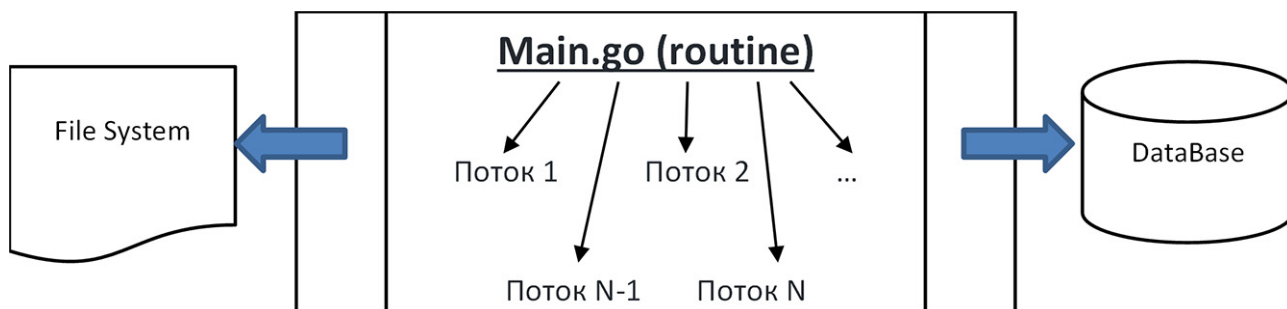


Рисунок 1 – Схема взаимосвязи элементов программы

```
// основной блок программы
func main() {
    // инициализируем новый объект класса Watcher для мониторинга
    // директории с файлом параметров
    watcher, err := fsnotify.NewWatcher()
    defer watcher.Close()
    done := make(chan bool)
    // начинаем мониторинг директории с файлом параметров
    go func() {
        // условие, если случилось событие записи в файл
        if event.Op&fsnotify.Write == fsnotify.Write {
            log.Println("Пришли данные с АТП:", event.Name)
        }
    }()
}
```

Рисунок 2 – Фрагмент кода на языке Go по считыванию данных с приборов автоматизированного теплового пункта

- значение температуры сетевой воды в обратном трубопроводе, °С;
- значение температуры циркуляции, °С;
- расход сетевой воды в подающем трубопроводе, тонн/час;
- расход в обратном трубопроводе, тонн/час;
- значение давления сетевой воды в подающем трубопроводе, кгс/см;
- значение давления сетевой воды в обратном трубопроводе, кгс/см;
- значение температуры внутри помещения, °С;

- количество отпущенного тепла, Гкал.

Также в режиме реального времени фиксируются:

- текущие состояния защит;
- параметры связи;
- время отклика при соединении – для отладочного режима.

Алгоритм работы модуля по опросу технологических параметров работы теплового пункта с использованием потоков приведен на рисунке 3.

Логика работы модуля заключается в следующем. При штатном режиме показания приборов учета и контроля считываются один раз в час и сравниваются с предыдущими значениями. Если такие параметры, как расход или давление, при текущем считывании имеют отклонение более 10% от архивных, то происходит «пробуждение» потока и данные начинают запрашиваться чаще – до одного раза в минуту. При этом архивные данные становятся эталоном. Аварийная ситуация считается снятой, если текущие данные перестанут отличаться на 10% от эталона. В этом случае происходит «усыпление» потока.

Приостановка выполнения потока обеспечивается статическим методом Sleep(). Выполнение методов текущего потока блокируется на определённые интервалы времени. В самом простом случае целочисленный параметр определяет временной интервал блокировки потока в миллисекундах.

### Результаты использования модуля опроса параметров ТП

В расчет длительности одного интервала обслуживания  $\tau[V(t)]$  (формула 1) за счет появления переменных по длительности циклов считывания-опроса параметров теплоснабжения был введен поправочный коэффициент  $q$ , определенный экспериментальным путем и принимающий свои значения в диапазоне от 1.05÷1.25. Формула (1) принимает вид:

$$\tau[V(t)] = \frac{\tau_{const} + \tau_{var} [V(t)]}{M \cdot q}, \text{ с.} \quad (2)$$

В результате модификации программного кода, в том числе за счет инструкций, основанных на принципе конвейерной обработки данных, скорость получения-обработки информации как на ТП, так и в диспетчерском центре, возросла на

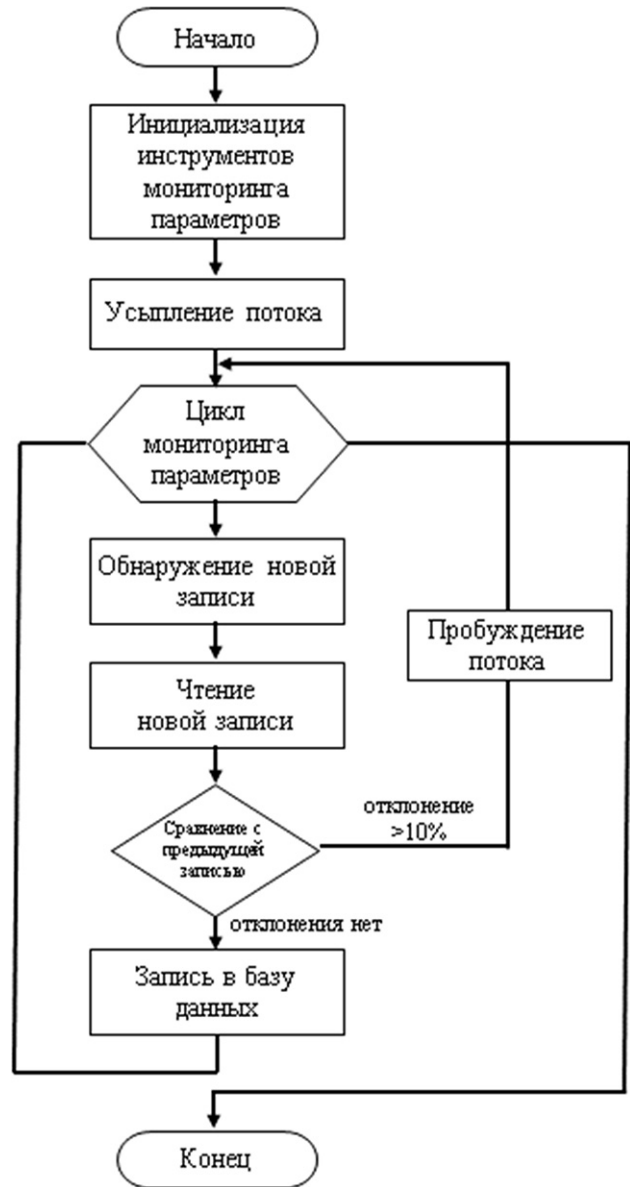


Рисунок 3 – Алгоритм работы модуля

5÷15%.

### Заключение

В итоге была разработана и внедрена система для реализации рациональных режимов теплообеспечения, использующих в процессе получения и обработки информации о параметрах теплотребления и принятии управляющих решений, переменные циклы опроса параметров теплоснабжения на тепловых пунктах. Запрос параметров осуществляется с учетом их динамических характеристик и с последующей конвейерной обработкой информации на верхнем уровне автоматизированных систем централизованного теплоснабжения. Применение разработанных SMART-систем и принципов позволит повысить надежность, экономичность как тепловых пунктов, так и системы теплообеспечения в целом.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Rybakova D. Application of conveyor data processing of work of thermal points for possibility of decrease in losses of thermal energy // Зеленая экономика – будущее человечества: Матер. междунар. науч.-практ. конф. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2014. – С. 323-332.
2. Автоматизированная насосная станция. www.ngpedia.ru. 15.02.2019.
3. Самофалов К.Г. Основы теории многоуровневых конвейерных вычислительных систем / К.Г. Самофалов, Г.М. Луцкий. – М.: Радио и связь, 1989. – 271 с.
4. Конвей Р.В. Теория расписаний / Р.В. Конвей, В.Л. Максвелл, Л.В. Миллер. – М.: Наука, 1975. – 360 с.
5. Рыбакова Д.А., Бакланов А.Е., Квасов А.И.. Использование конвейерной системы обработки данных для регулирования работы тепловых пунктов // Вестник ВКГТУ, 2014. – № 3. – С. 103-106.
6. Сагынганова И.К. Потоковая обработка данных тепловых пунктов в реальном времени // Труды университета. – Караганда: КарГТУ, 2018. – Вып. 4. – С. 159-162.
7. Квасов А.И., Бакланов А.Е., Сагынганова И.К., Анапьянова С.Б. Система конвейерной обработки информации в современных тепловых сетях // Сб. науч. тр. «Актуальные научные исследования в современном мире». – 2018. – Вып. 2 (34). Ч. 6. – С. 158-162.
8. Бакланов А.Е., Сагынганова И.К. Разработка новых алгоритмов контроля и управления в современных тепловых пунктах // Матер. междунар. науч.-практич. конф. «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании» (СITech-2018). Том 1, Часть I. – Оскемен: ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 2018. – С. 72-78.
9. Sagynganova I.K., Kvasov A.I., Kalinin A.A. Comprehensive methods to obtain and process information flows in centralized heat supply systems. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 972(1), 012074.
10. Sagynganova, I.K., Markin, V.B. The organizations of the tasks implementation in the distributed automatic control systems of heat supply stations. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2019, 1(433), С. 63-67.

**Жылу энергетикасында конвейерлік мәліметтерді өңдеу әдістерін қолдану**

<sup>1</sup>**САҒЫНГАНОВА Индира Кенесқызы**, PhD, аға оқытушы, *sagynganova\_ik@enu.kz*,

<sup>2</sup>**\*КАЛИНИН Алексей Анатольевич**, PhD, кафедра меңгерушісі, *a.kalinin@kstu.kz*,

<sup>2</sup>**САВЧЕНКО Наталья Каримовна**, магистр, аға оқытушы, *sav\_nata@mail.ru*,

<sup>2</sup>**САҒАТБЕКОВА Марал Қариханқызы**, магистр, оқытушы, *miss.amaly@mail.ru*,

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, 010008, Нұр-Сұлтан, Сәтпаев көшесі, 2,

<sup>2</sup>Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Мақаланың мақсаты – автоматтандырылған жылыту нүктелерінен жылумен жабдықтау параметрлерін оқу және өңдеу үшін конвейерлік мәліметтерді өңдеу әдістерін қолдануды негіздеу. Бұл әдістер динамикалық сипаттамаларын ескере отырып, жылумен жабдықтау жүйелерінің параметрлерін айнымалы сұрау циклына негізделген. Бөлінген автоматтандырылған басқару жүйелерінде конвейерлік тапсырмаларды орындау механизмдерін қолданудың артықшылықтары көрсетілген. Көп ағындылық және оның қолдану аймақтары сипатталған. Автоматтандырылған жылу станциясының параметрлерін сұрауға арналған іске асырылатын модульдің жұмыс істеу алгоритмі келтірілген. Әзірленген SMART-жүйелер мен принциптерді қолдану жылу станцияларының да, жалпы жылумен жабдықтау жүйесінің де сенімділігі мен тиімділігін арттырады.

**Кілт сөздер:** жылумен жабдықтау, жылу нүктесі, автоматтандыру, ақпаратты конвейерлік өңдеу, көп ағындылық, бағдарламалық модуль, бағдарламалау тілдері.

**Application of Methods of Conveyor Data Processing in Heat Power Engineering**

<sup>1</sup>**SAGYNGANOVA Indira**, PhD, Senior Lecturer, *sagynganova\_ik@enu.kz*,

<sup>2</sup>**\*KALININ Alexey**, PhD, Head of Department, *a.kalinin@kstu.kz*,

<sup>2</sup>**SAVCHENKO Natalia**, master, Senior Lecturer, *sav\_nata@mail.ru*,

<sup>2</sup>**SAGATBEKOVA Maral**, master, Teacher, *miss.amaly@mail.ru*,

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, 010008, Nur-Sultan, Satpayev Street, 2,

<sup>2</sup>Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

\*corresponding author.

**Abstract.** The purpose of the article is to substantiate the use of conveyor data processing methods for reading and processing heat supply parameters from automated heating points. These methods are based on variable polling cycles of the parameters of heat supply systems, taking into account their dynamic characteristics. The advantages of using conveyor task execution mechanisms in distributed automated control systems are shown. Multithreading and

*its application areas are described. The algorithm of operation of the implemented module for interrogating the parameters of an automated substation is presented. The application of the developed SMART-systems and principles will improve the reliability and efficiency of both heat points and the heat supply system as a whole.*

**Keywords:** heat supply, heat point, automation, conveyor processing of information, multithreading, software module, programming languages.

## REFERENCES

1. Rybakova D. Application of conveyor data processing of work of thermal points for possibility of decrease in losses of thermal energy // Zelenaya ekonomika – budushchee chelovechestva: Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Ust'-Kamenogorsk: VKGTU, 2014. – pp. 323-332.
2. Avtomatizirovannaya nasosnaya stanciya. www.ngpedia.ru. 15.02.2019.
3. Samofalov K.G. Osnovy teorii mnogourovnevnykh konvejnykh vychislitel'nyh sistem / K.G. Samofalov, G.M. Luckij. – Moscow: Radio i svyaz', 1989. – 271 p.
4. Konvej R.V. Teoriya raspisanij / R.V. Konvej, V.L. Maksvell, L.V. Miller. – Moscow: Nauka, 1975. – 360 p.
5. Rybakova D.A., Baklanov A.E., Kvasov A.I.. Ispol'zovanie konvejnoy sistemy obrabotki dannyh dlya regulirovaniya raboty teplovykh punktov // Vestnik VKGTU, 2014. – No. 3. – pp. 103-106.
6. Sagynganova I.K. Potokovaya obrabotka dannyh teplopunktov v real'nom vremeni // Trudy universiteta. – Karaganda: KarGTU, 2018. – Vyp. 4. – pp. 159-162.
7. Kvasov A.I., Baklanov A.E., Sagynganova I.K., Anap'yanova S.B. Sistema konvejnoy obrabotki informacii v sovremennykh teplovykh setyah // Sb. nauch. tr. «Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. – 2018. – Vyp. 2 (34). CH. 6. – pp. 158-162.
8. Baklanov A.E., Sagynganova I.K. Razrabotka novykh algoritmov kontrolya i upravleniya v sovremennykh teplopunktah // Mater. mezhdunar. nauch.-praktich. konf. «Vychislitel'nye i informacionnye tekhnologii v nauke, tekhnike i obrazovanii» (CITech-2018). Tom 1, CHast' I. – Oskemen: VKGTU im. D. Serikbaeva, 2018. – pp. 72-78.
9. Sagynganova I.K., Kvasov A.I., Kalinin A.A. Comprehensive methods to obtain and process information flows in centralized heat supply systems. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 972(1), 012074.
10. Sagynganova, I.K., Markin, V.B. The organizations of the tasks implementation in the distributed automatic control systems of heat supply stations. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 2019, 1(433), pp. 63-67.