

УДК (UDC) 628.4.032, 004.9

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ПО ОЦЕНКЕ ОБЪЕМОВ НАКОПЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВDEVELOPMENT OF AN AUTOMATED INFORMATION SYSTEM
ACCORDING TO THE ASSESSMENT OF THE VOLUME OF ACCUMULATION
OF SOLID MUNICIPAL WASTEЛагерев И.А., Перминова Д.И.
Lagerev I.A., Perminova D.I.Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского (Брянск, Россия)
Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (Bryansk, Russian Federation)

Аннотация. В статье представлены научные подходы к оценке объемов накопления твердых коммунальных отходов с целью определения нормативов с использованием распределенной информационной системы. Приведено описание автоматизированной информационной системы и алгоритмов ее использования с учетом опыта, полученного специалистами ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» при выполнении работ по заказу Департамента природных ресурсов и экологии Брянской области (договор от 01.03.2022 г. №02-22).

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, накопление, объем, масса, оценка, нормативы, информационная система, автоматизация.

Дата принятия к публикации: 23.10.2022
Дата публикации: 10.03.2023

Сведения об авторах:

Лагерев Игорь Александрович – доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной деятельности и цифровому развитию ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»,
e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru.

Перминова Диана Игоревна – студент ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»,
e-mail: di.perm1@mail.ru.

Abstract. The article presents scientific approaches to assessing the volume of solid municipal waste accumulation in order to determine standards using a distributed information system. The description of the automated information system and algorithms of its use is given, taking into account the experience gained by specialists of the Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University when performing work commissioned by the Department of Natural Resources and Ecology of the Bryansk Region (contract No. 02-22 dated 01.03.2022).

Keywords: solid municipal waste, accumulation, volume, mass, assessment, standards, information system, automation.

Date of acceptance for publication: 23.10.2022
Date of publication: 10.03.2023

Authors' information:

Igor A. Lagerev – Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Vice rector for Innovations at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University,
e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru.

Diana I. Perminova – student at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University,
e-mail: di.perm1@mail.ru.

1. Введение

Внедрение рациональных методов утилизации твердых коммунальных отходов является важной составляющей перехода к зеленой экономике. Одним из гарантов надежности и последовательности принимаемых решений в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами является достоверность исходных данных, на основе которых

осуществляется координация процесса обработки отходов [1, 2].

В 2022 году специалисты ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» по заказу Правительства Брянской области выполняли работы по оценке нормативов накопления твердых коммунальных отходов на территории Брянской области. На основе этого опыта были разработаны подходы по авто-

матизации сбора и обработки получаемой информации.

2. Методика исследования

Натурные измерения объемов накопления твердых коммунальных отходов проводятся на местности мобильными группами. Выбор объектов для замеров должен отражать структуру промышленности и домохозяйств на территории региона.

На первом этапе были выбраны и согласованы с профильным ведомством муниципальные образования, на территории которых в дальнейшем были подобраны конкретные объекты для проведения замеров. С целью репрезентативности и охвата для исследований целесообразно выбирать следующие характерные виды муниципальных образований:

- областной центр;
- крупный промышленный город;
- районный центр;
- поселок городского типа;
- село;
- деревня.

Муниципальные образования должны располагаться в районах области с различным преобладающим типом хозяйственной деятельности – промышленный, сельскохозяйственный, рекреационный [1].

После выбора муниципальных образований на их территории были выбраны и согласованы с профильным ведомством конкретные объекты, на которых были размещены контейнеры для сбора мусора или площадки, на которых выполняется бесконтейнерный сбор твердых коммунальных отходов. Список типовых объектов для проведения мониторинга (по категориям) приведен в [1].

Таким образом, формируется множество из N объектов для проведения замеров. Объекты имеют порядковый номер $i=1\dots N$. На каждом объекте может быть расположено различное количество контейнеров с номером $j=1\dots M_i$, где M_i – количество контейнеров на i -м объекте.

После выбора объектов для проведения замеров информация об объектах и контейнерах была занесена в информационную

систему. Эту операцию выполняет администратор системы. После ввода информации об объектах эти зарегистрированные объекты были распределены между конкретным исполнителями, обязанностью которых было проведение необходимых замеров на местности и внесение информации о результатах замеров в информационную систему. Также исполнители вносят информацию о конструкции и особенностях площадок для сбора твердых коммунальных отходов.

Расчет объема отходов в j -м контейнере на i -м объекте был выполнен по следующей методике.

При измерении объемов накопления в контейнере требуется разровнять поверхность мусора, не уплотняя его. После этого на поверхность мусора устанавливается вертикально линейка (рейка, рулетка), с помощью которой определяется расстояние l_{vij} (м) от поверхности мусора до края контейнера. Измерение заносится в информационную систему в виде числового значения, а также в систему загружается фотография, на которой четко видно измеренное расстояние (рис. 1).



Рис. 1. Примеры фотографий измерения объема накопления отходов в контейнере

Взвешивание бака выполняется на платформенных весах. Полученное значение веса G_{k1} (кг) вносится в информационную систему (рис. 2).

Масса накопленных отходов в j -м контейнере на i -м объекте G_{ij} (кг) определяется как разница между результатом взвешивания



Рис. 2. Примеры фотографий взвешивания контейнера на платформенных весах

G_{klij} (кг) и массой пустого контейнера G_{k0ij} (кг), т.е.

$$G_{ij} = G_{klij} - G_{k0ij}.$$

Желательно, чтобы по каждому объекту выполнялось взвешивание контейнера с внесением полученных данных в паспорт объекта, так как масса контейнеров типовой конструкции может отличаться в силу случайных причин. При использовании контейнеров самодельной конструкции взвешивание порожнего контейнера обязательно. В табл. 1 приведены данные по массе и глубине пус-

Таблица 1
Масса и глубина пустых контейнеров

Типоразмер контейнера	Глубина, м	Масса пустого контейнера G_{k0ij} , кг
Пластмассовые контейнеры		
0,12	0,88	9,5
0,36	1,1	16,2
0,66	0,9	44,5
0,77	0,9	46,4
1,1	0,9	51,5
Стальные контейнеры		
0,4	0,8	60
0,5	0,9	50
0,64	1	63
0,66	0,05	65
0,7	1,03	64
0,75	1,1	57
0,8	1,25	74,5
0,9	1	92
1,0	1,1	92
1,1	1,06	85
1,25	1	70

тых контейнеров стандартной конструкции. Измеренное значение l_v не может быть больше глубины контейнера.

Для расчета объемов накопления твердых коммунальных отходов в j -м контейнере на i -м объекте V_{ij} (m^3) в зависимости от измеренного значения l_{vij} следует использовать следующие выражения.

Пластиковый контейнер объемом 0,12 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,1433(0,88 - l_{vij}).$$

Пластиковый контейнер объемом 0,36 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,2569(1,1 - l_{vij}).$$

Пластиковый контейнер объемом 0,66 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,6372(1,05 - l_{vij}).$$

Пластиковый контейнер объемом 0,77 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,8118(0,9 - l_{vij}).$$

Пластиковый контейнер объемом 1,1 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,9033(1,1 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 0,4 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,4333(0,9 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 0,5 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,4933(0,9 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 0,64 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,6433(1 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 0,66 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,6372(1,05 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 0,7 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,6433(1,03 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 0,75 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,6433(1,1 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 0,8 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,6433(1,25 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 0,9 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,9433(1 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 1,0 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 0,9033(1,1 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 1,1 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 1,2984(0,9 - l_{vij}).$$

Стальной контейнер объемом 1,25 m^3 :

$$V_{ij}(l_{vij}) = 1,2346(1 - l_{vij}).$$

При бесконтейнерном сборе твердых коммунальных отходов взвешивание и изме-

рение объемов накопления проводится в специальном пакете (рис. 3 и рис. 4).



Рис. 3. Примеры фотографий измерения объема при бесконтейнерном накоплении отходов



Рис. 4. Примеры фотографий взвешивания при бесконтейнерном накоплении отходов

Информационная система должна отличать объекты с бесконтейнерным накоплением отходов, так как для них объем отходов определяется не одним значением l_{vij} , а совокупностью значений диаметра d_{vij} (м) и высоты (h_{vij}) пакета с отходами.

При бесконтейнерном сборе отходов их объем вычисляется по формуле:

$$V_{ij}(d_{vij}, h_{vij}) = 0,785h_{vij}d_{vij}^2.$$

Для расчета сводных значений объемов накопления твердых коммунальных отходов необходимо получить информацию от представителей муниципальных образований о значениях расчетных единиц, согласно которым нормируется накопление отходов. Как правило, в качестве расчетных единиц используются либо площади зданий или терри-

торий, либо количество человек (работников, пассажиров, обучающихся и т.д.).

Данные о значении расчетных единиц по каждому объекту вносит администратор системы на основании официальных писем, предоставленных представителями муниципалитетов. Однако исполнители работ должны иметь возможность сообщить о необходимости корректировки значений в соответствии с реальным положением дел на объекте. Например, часть здания может реально не использоваться, количество машино-мест или обучающихся в учебном заведении может не соответствовать представленным значениям.

Большое количество объектов, на которых проводятся натурные измерения, расположенных на большой территории, приводит к необходимости децентрализованного сбора и обработки большого массива данных (числовых и графических). Для этого могут использоваться электронные таблицы и хранилища файлов, размещенные в облачном сервисе. Именно такой способ применялся при выполнении работ на территории Брянской области в 2022 году.

По результатам обобщения накопленного опыта был сделан вывод о необходимости разработки автоматизированной информационной системы по оценке объемов накопления твердых коммунальных отходов.

Предлагаемая автоматизированная информационная система должна выполнять следующие функции.

1. Ведение базы данных объектов, на которых проводится измерение объемов накопления твердых коммунальных отходов.

2. Внесение и корректировка значений расчетных единиц.

3. Создание и ведение графика проведения замеров с возможностью распределения объектов и замеров по конкретным исполнителям (группам исполнителей).

4. Передача согласно указанной методике числовых и графических первичных данных о результатах замеров исполнителями (группами исполнителей) с мест на сервер автоматизированной информационной системы.

5. Автоматизированные расчеты результатов замеров на основе полученных первичных данных.

6. Автоматическое формирование отчетных ведомостей.

7. Автоматизированные расчеты нормативов накопления твердых коммунальных отходов с автоматизированным формированием сводных ведомостей.

8. Автоматизированная подготовка отчета о выполнении работ в соответствии с требованиями заказчика.

9. Проверка собранной информации.

Важным моментом является выбор архитектуры (рис. 5) взаимодействия работников, выполняющих натурные измерения объемов накопления твердых коммунальных отходов на местах, с сервером автоматизированной информационной системы.

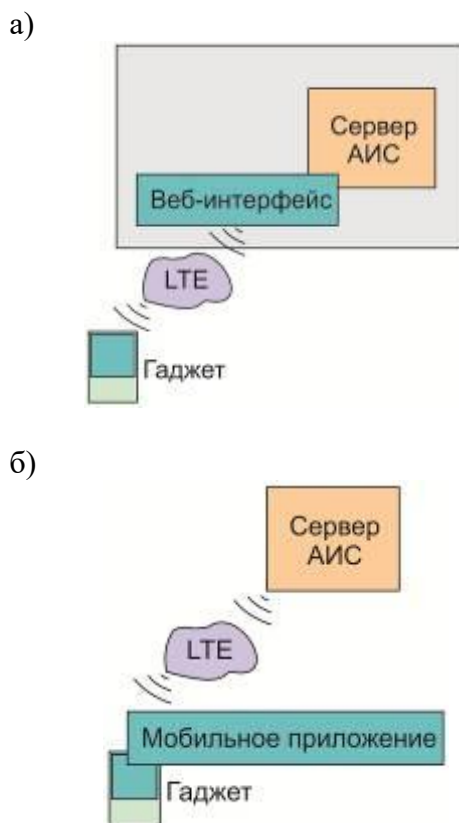


Рис. 5. Варианты архитектуры взаимодействия пользователей с сервером автоматизированной информационной системы:
а – использование веб-интерфейса;
б – использование мобильных приложений

Первый вариант (рис. 5, а) предполагает использование веб-интерфейса автоматизи-

рованной системы для работы пользователей. Технически такой вариант более простой для реализации, так как не требует разработки широкой номенклатуры приложений для мобильных устройств. Однако этот вариант делает невозможным или значительно усложняет работу на объектах, в местах расположения которых отсутствует мобильный Интернет. Практика показывает, что такая ситуация наблюдается в 20...30% случаев. Таким образом, этот вариант является не функциональным.

Второй вариант (рис. 5, б) предполагает использование мобильных приложений на гаджетах (мобильных телефонах и планшетах) и его версии для ноутбуков. В этом случае приложение может иметь оффлайн-режим работы с последующей отправкой данных при появлении сети. Он более сложен в техническом плане, требует больших затрат на разработку, но является более универсальным.

В настоящий момент специалистами ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» идет разработка прототипа представленной автоматизированной информационной системы, которая позволит в дальнейшем выполнять работы по определению нормативов твердых коммунальных отходов. Кроме этого, система может использоваться для разработки территориальных схем обращения с отходами.

Общая схема построения разрабатываемой автоматизированной информационной системы показана на рис. 6.

Пользователи системы с помощью различных мобильных гаджетов под управлением различных операционных систем, на которых установлены мобильные приложения, обращаются к серверной части Системы через мобильную сеть передачи данных общего пользования.

Пользователи взаимодействуют с серверной частью через прокси-сервера (балансирующие нагрузки), через которые идет взаимодействие с бэкэнд частью автоматизированной информационной системы, реализующий ее основной функционал. Бэкэнд работает с использованием системы кэширо-

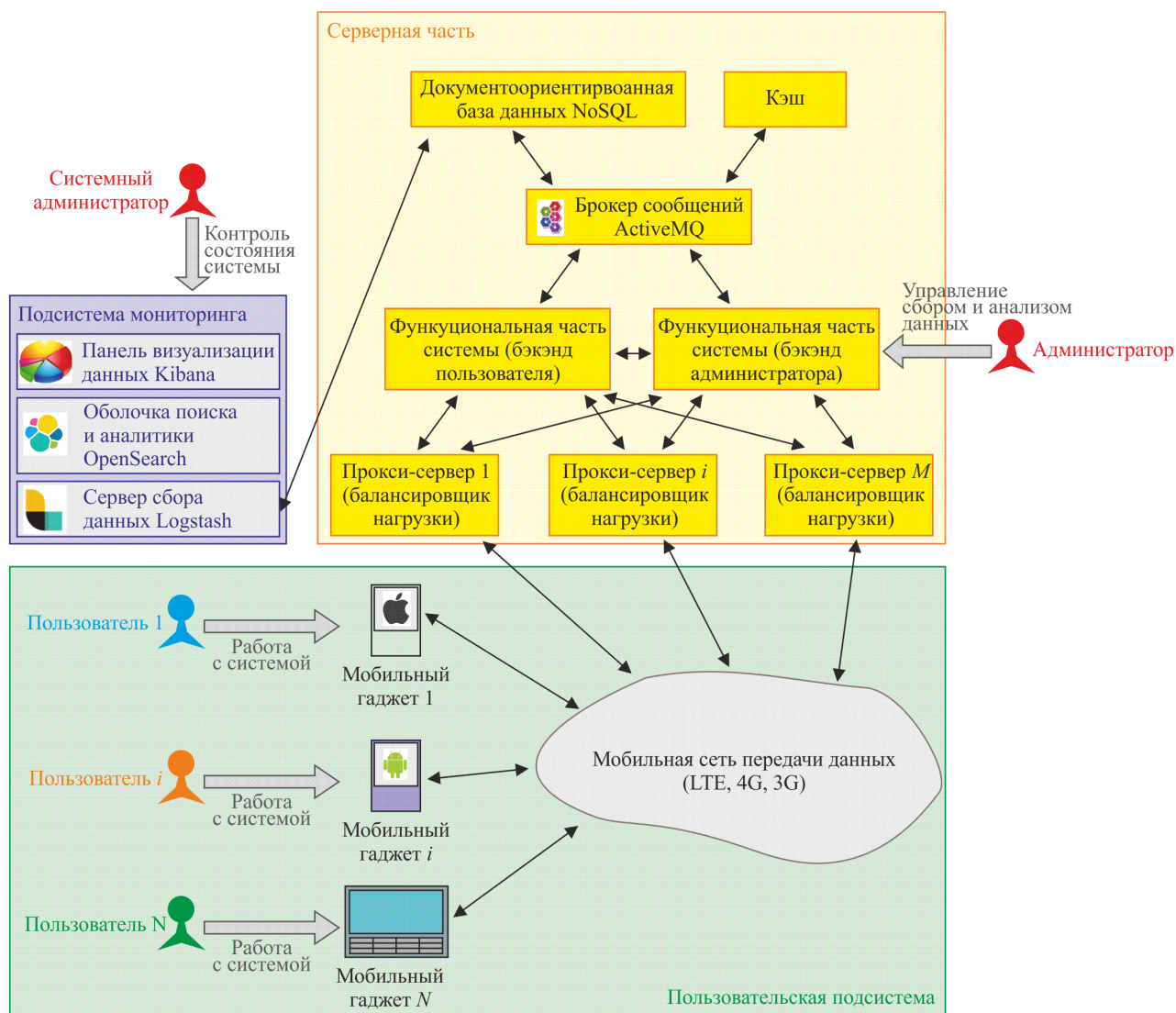


Рис. 6. Общая схема построения автоматизированной информационной системы

вания и документоориентированной базы данных, хранящей всю информацию об объемах накопления отходов.

Администратор системы управляет процессом сбора и анализа данных о накоплении твердых коммунальных отходов. Кроме того, у системы есть системный администратор, поддерживающий ее работу, который ведет мониторинг работы системы через подсистему мониторинга.

Список литературы

1. Лагереv И.А., Шкурманова С.С. Практические аспекты оценки накопления твердых коммунальных отходов // Ученые записки Брянского государственного университета. 2022. №3. С. 59-64.

3. Заключение

О результатах выполнения комплексных работ по созданию автоматизированной информационной системы по оценке объемов накопления твердых коммунальных отходов и опыте ее внедрения будет сообщено отдельно

References

1. Lagerev A.V., Shkurmanova S.S. Practical aspects of accumulation assessment municipal solid waste. *Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, No.3, pp. 59-64. (In Russian)

2.Иванушкина С.С., Шкурманова С.С.
Анализ объемов накопления пластиковых
отходов (На примере домохозяйств Брян-
ской области) // Ученые записки Брянского
государственного университета. 2022. №3.
С. 54-58.

2. Ivanushkina S.S., Shkurmanova S.S.
Analysis of the volume of accumulation of plas-
tic waste (On the example of households in the
Bryansk region) 2022, No.3, pp. 54-58. (In Rus-
sian)