

## СЕКЦИЯ 6

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

---

*К. В. ВОЗНЮК, М. А. ЯКОВЛЕВ, А. А. ОЛЕННИКОВ*

*Тюменский государственный университет, г. Тюмень*

**УДК 004.9**

### **РАЗРАБОТКА ЗАЩИЩЕННОГО ОБЛАЧНОГО КЛАСТЕРА ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ГЛОБАЛЬНУЮ СЕТЬ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА, ВЫПОЛНЯЮЩЕГО СЛОЖНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ**

**Аннотация.** В работе представлена реализация защищенного облачного сервиса для публикации программного комплекса в глобальную сеть, выполняющего сложные инженерные расчеты на основе которых заводом-изготовителем будут создаваться теплообменные аппараты различного назначения.

**Ключевые слова:** веб-сервис, Django, Kubernetes, MinIO, база данных, кластер, программный комплекс, отказоустойчивость, масштабируемость, безопасность, проектирование, расчеты, конфиденциальность, целостность, доступность.

**Введение.** В современном мире информационные технологии играют все более важную роль в различных сферах деятельности человека. Одной из таких сфер является инженерное проектирование, где информационные технологии помогают ускорить и упростить процесс разработки и анализа проекта. Однако, при работе со сложными инженерными данными возникает ряд проблем связанных с конфиденциальностью, целостностью и доступностью таких данных. Речь идет о сложном программном комплексе, предназначенный для проектирования теплообменных аппаратов различной сложности, который содержит в своем составе множество математических моделей и готовых проектных решений. Попытки выпустить это решение на рынок в виде коробочного исполнения с традиционными системами защиты [1], скорее всего через некоторое время приведет к его утрате, продукт будет подвержен несанкционированным воздействиям и в последующем использован третьими лицами. В настоящий момент особый интерес представляет способ защиты программного обеспечения посредством размещения его в облаке [2]. С одной стороны программный комплекс будет размещен на защищенном внутреннем сегменте облака, а пользователям будет доступен только пользовательский интерфейс, с другой стороны исчезнет необходимость в приобретении мощностей компаниям, которые нуждаются в данных расчетах.

**Проблема исследования.** Проблематика работы определяется тем, что для вычисления проектных инженерных работ необходимо большое количество ресурсов для обработки большого объема данных. Помимо этого, нередко инженеры работают в группе и им необходимо получить видимый, для каждого члена группы, результат. При этом необходимо, чтобы данные и результат вычислений видели только авторизованные пользователи, относящиеся к одной группе или компании для того, чтобы избежать раскрытие информации для других пользователей или конкурентных организаций. На данный момент на территории Российской Федерации таковых аналогов нет. В связи с этим, в этой работе предлагается одно из решений,

которое позволит обеспечить безопасное хранение и обработку данных, связанных с проектированием теплообменных аппаратов различной сложности, а также разграничить доступ к информации только для авторизованных пользователей, обеспечить конфиденциальность, высокую доступность, отказоустойчивость и безопасность [3, 4].

В связи с этим были поставлены следующие задачи:

1. Изучить и проанализировать существующие решения.
2. Проработать архитектуру кластера.
3. Проработать архитектуру расширяемых баз данных.
4. Разработать защищенный веб-сервис.

5. Разработать защищенный вычислительный кластер и подключить метрики для отказоустойчивости системы.

**Материалы и методы.** Для публикации в облаке был выбран существующий локальный программный комплекс Radiator (рис. 1), который позволяет проектировать теплообменные аппараты по различным технологиям с возможностью выбора материалов и ребрений, а также вид нагреваемых и охлаждаемых сред. Данный программный комплекс включает в себя базу экспериментальных значений теплообменных элементов, физические характеристики сред, модели сложного теплообмена, аэро- и гидродинамики, и готовых проектных решений. При этом, сама база, насчитывает свыше 2150 моделей, а расчеты производятся с использованием помощи более 800 математических выражений, что делает данный программный комплекс мощным инструментом для реализации поставленных целей, например для завода-изготовителя.

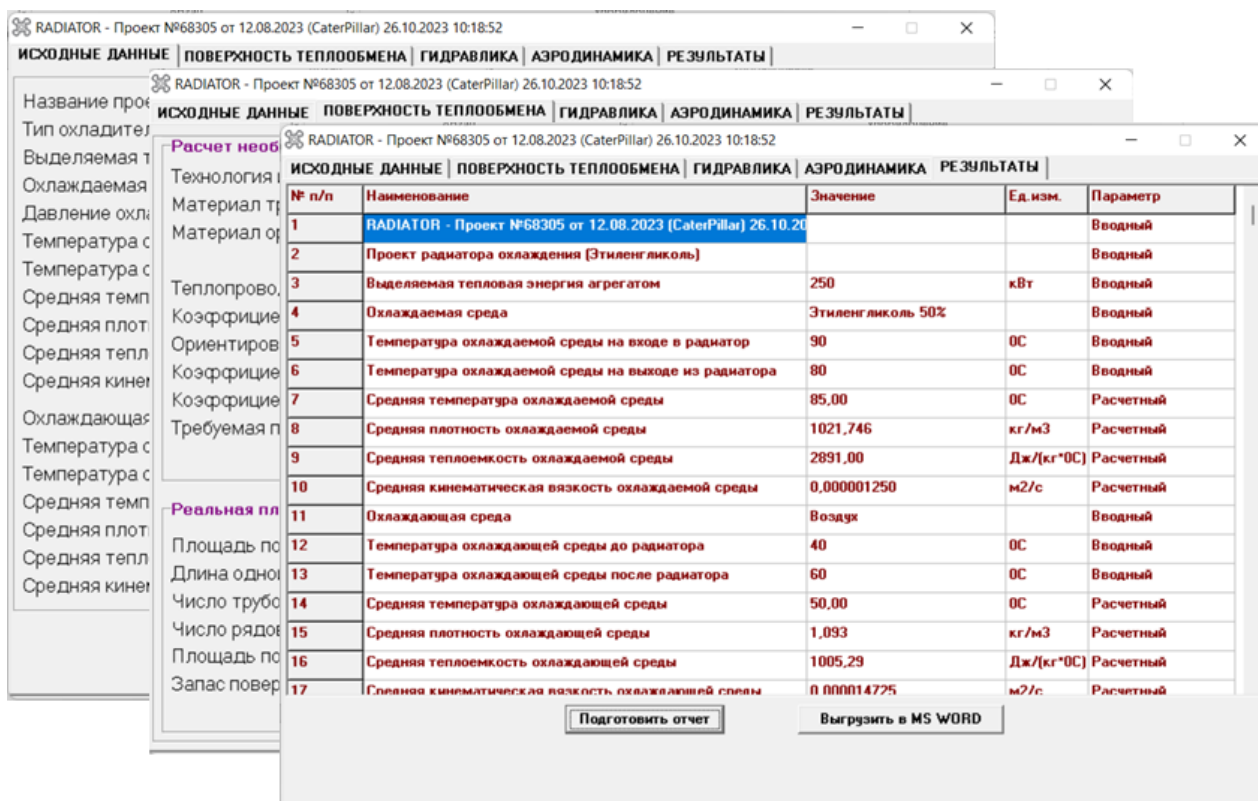


Рис. 1. Программный комплекс Radiator

Для реализации данной задачи была разработана архитектура кластера Kubernetes (рис. 2), состоящий из следующих компонентов [5-7]:

- 3 управляющих узлов, отказоустойчивость которых достигается при помощи сервиса типа балансировщик нагрузки под управлением MetalLB;
- 2 рабочих узла на которых будут запускаться веб-сервис и приложения для расчетов;
- 3 узла хранения данных, для обеспечения высокодоступного постоянного хранилища под управлением Longhorn.

Веб-сервис реализован с помощью языка программирования Python с использованием библиотеки Django. В нем находится API для обращения к локальному программному комплексу Radiator. Веб-сервис и программный комплекс располагаются в разных контейнерах. Такой подход позволяет изолировать программный комплекс от пользователей тем самым убергая его от взлома и последующего использования сторонними лицами.

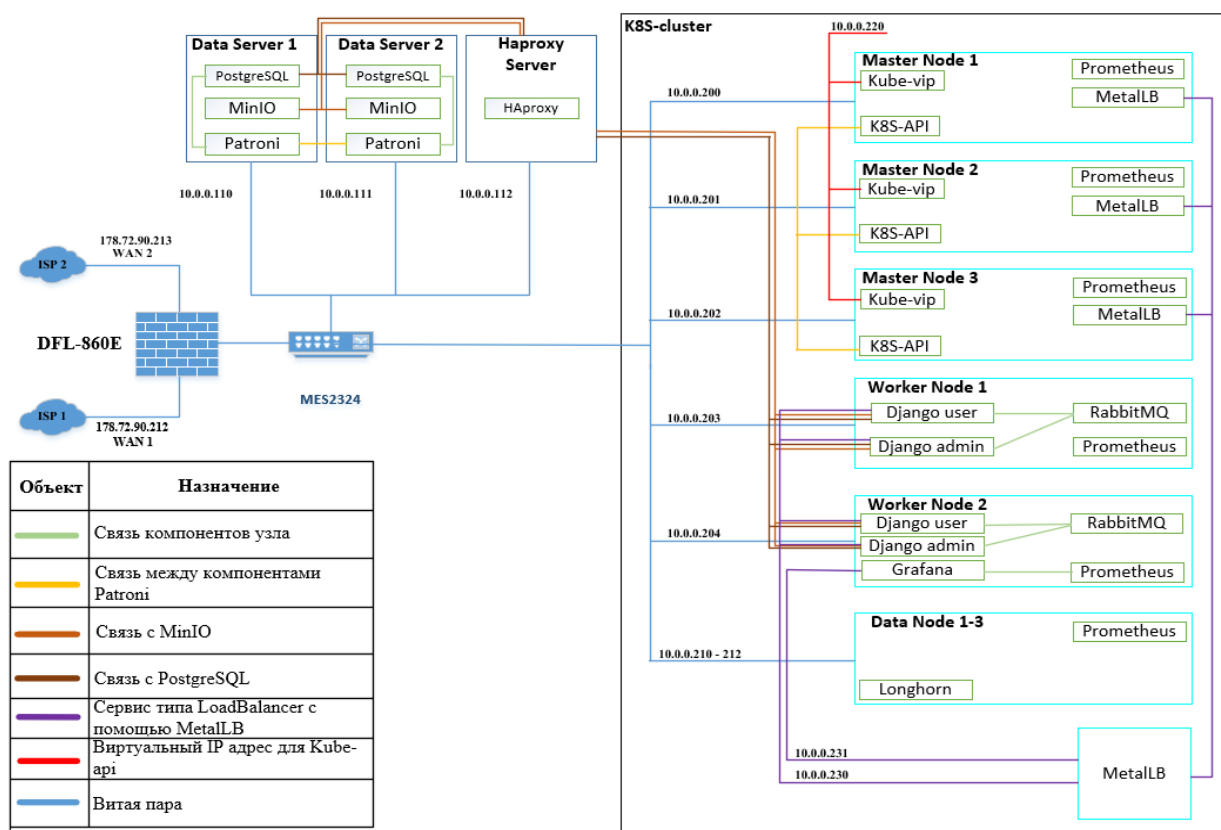


Рис. 2. Архитектура кластера Kubernetes

Помимо вышесказанного, на каждом узле находится Prometheus node exporter, который работает в связки с Grafana и служит для сбора метрик с каждого из серверов кластера. Внутри Prometheus и Grafana предусмотрены встроенные сообщения об ошибках, что позволяет администраторам быстро реагировать на инциденты, которые происходят в системе, и своевременно их устранять, обеспечивая работоспособность системы.

Также на каждом узле установлен антивирус Kaspersky Endpoint Security, который управляется централизованно через Kaspersky Security Center (см. рис. 3).

Активы (Устройства) / Управляемые устройства

Текущий путь: KSC Server

+ Добавить устройства × Удалить + Новая задача + Переместить в группу Обновить Экспортировать в CSV Экспорт

Имя ↓↑	Видимо в сети	Последнее подключение... >> ↑	Агент адми... >>	Агент администрирования з... >>	Статус ↓↑
<input type="checkbox"/> k3s-master1	🟢	05.05.2024 15:17:23	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> k3s-master2	🟢	05.05.2024 15:17:24	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> k3s-master3	🟢	05.05.2024 15:17:11	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> k3s-worker1	🟢	05.05.2024 15:19:33	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> k3s-worker2	🟢	05.05.2024 15:19:33	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> k3s-data1	🟢	05.05.2024 15:18:41	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> k3s-data2	🟢	05.05.2024 15:18:25	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> k3s-data3	🟢	05.05.2024 15:19:07	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> shd1	🟢	05.05.2024 15:19:12	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> shd2	🟢	05.05.2024 15:19:20	🟢	🟢	🟢
<input type="checkbox"/> haproxy	🟢	05.05.2024 15:19:49	🟢	🟢	🟢

Рис. 3. Список управляемых устройств в Kaspersky Security Center

Для хранения образа контейнеров используется локальный реестр с открытым исходным кодом — Harbor, развернутый внутри кластера.

Архитектура баз данных (рис. 4) была построена в соответствии с Федеральным законом 152 «О персональных данных» статья 5 часть 2, 3, в котором говорится, что обработка персональных данных должна ограничиваться достижением конкретных, заранее определенных и законных целей. Помимо этого, не допускается обработка персональных данных, несовместимых с целями сбора персональных данных.

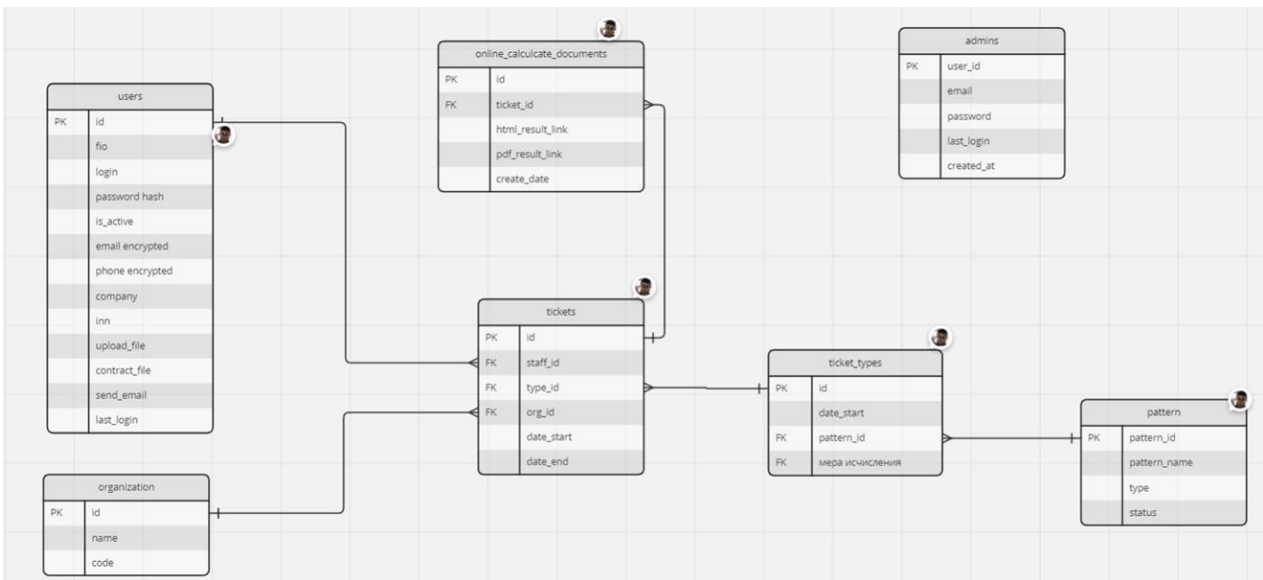


Рис. 4. Архитектура базы данных

В связи с этим было принято решение разделить базу данных на две отдельные сущности, а именно база данных для пользователей и для администраторов. База данных администраторов содержит в себе информацию, связанную с администраторами системы и хранит в

себе такую информацию как идентификатор администратора, почта, пароль, логин, дата создания и дата последнего входа в систему.

База данных пользователей содержит в себе информацию, которая прямо или косвенно относится к определенному лицу. А именно это такие данные, как идентификатор пользователя, ФИО, почта, пароль, ИНН организации, можно ли отправлять рассылку на почту и так далее. Важно отметить то, что такие данные как ФИО, почта и пароль шифруются на стороне веб-сервиса и только в последующем сохраняются в базу данных. Таким образом обеспечивается сохранность данных пользователей от возможной компрометации данных.

В базе данных пользователей основополагающей является таблица заявок. Так как именно там хранятся основные атрибуты, такие как идентификатор заявки, идентификатор используемого шаблона, идентификатор пользователя, который делает запрос на расчет данных [8]. Помимо этого, там также хранится идентификатор организации и дата начала и завершения расчетов.

После, полученные результаты на стороне веб сервиса, а именно отчет, сохраняется на сервере хранения данных MinIO (рис. 5) с использованием библиотеки MinIO. Подключение к серверу хранения данных со стороны веб-сервиса происходит с помощью хранящихся константных данных в переменных окружения. Ссылка для доступа до данного отчета сохраняется в таблице `online_calculcate_documents` в двух удобных форматах для пользователей. А именно в `docx` и `pdf` форматах. Помимо этого, за данными отчетами там так же прикрепляется номер заявки, по которой происходили расчеты и дата генерации отчета.

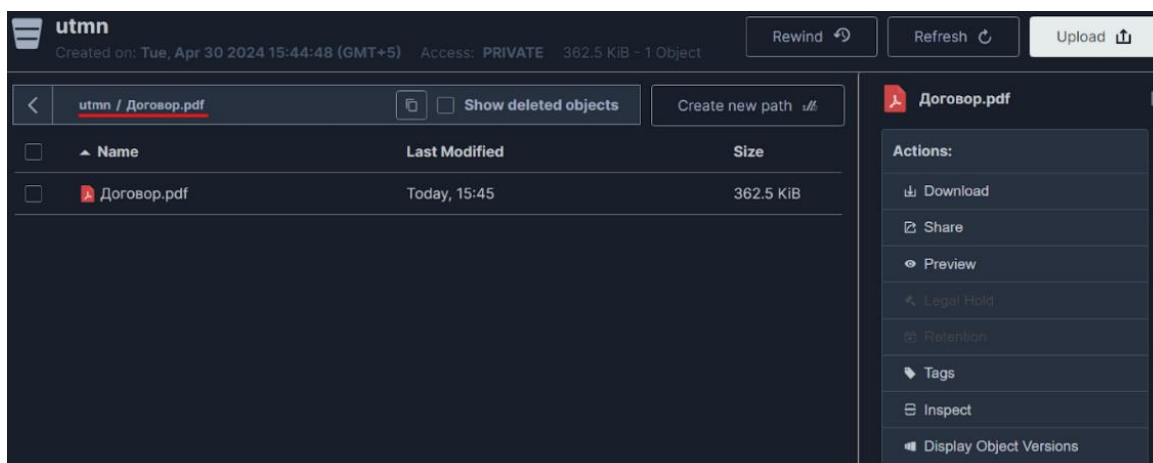


Рис. 5. Хранение файлов контрактов в MinIO

Веб-сервис реализован посредством разделения приложения на два отдельных сервиса. А именно сервис пользователей (`users`) и администраторов (`admins`).

Сервис пользователей предоставляет им доступ к основным ресурсам сайта, а точкой входа выступает основной домен `https://riotsolvers.ru`. Он включает в себя регистрацию, аутентификацию, создание и просмотр созданных заявок с возможностью сохранения отчета локально, взаимодействие с другими специалистами из одной и той же компании и управление профилем.

Таким образом после регистрации (см. рис. 6) и одобрением регистрации администратором, пользователю открывается доступ к ресурсам сайта.

## РЕГИСТРАЦИЯ

Форму регистрации с полями ввода: ФИО, Номер телефона, Компания, ИНН, Адрес электронной почты, Пароль, Повторите пароль. Кнопка: Сгенерировать и скачать контракт. Выбор файла: Выберите файл (Файл не выбран). Текст: Файл контракта. Чекбоксы: Я согласен со всеми положениями Условий обслуживания, Получать уведомления по электронной почте. Кнопка: Зарегистрироваться. Текст: Уже есть аккаунт? Вход

Рис. 6. Регистрация пользователей

Основное, с чем предстоит работать пользователю, это заявки. Сайт предлагает ему возможность либо просмотреть уже существующие заявки, либо создать новую по выбранному шаблону. После чего пользователь должен заполнить исходные данные и нажать на кнопку расчета (рис. 7).

В последующем данные поступают в брокер сообщений RabbitMQ, который складывает их в очередь [9]. RabbitMQ отправляет эти данные по API в локально развернутый в кластере программный комплекс. Однако стоит отметить, что расчет и подготовка итогового файла может занимать продолжительное время, так как это напрямую зависит от внесенных пользователем данных и выбранного им шаблона.

Форму для создания заявки с выпадающим списком: Охлаждаемая среда. Поля ввода: Давление охлаждаемой среды на входе в радиатор, кПа; Температура охлаждаемой среды на входе в радиатор, °C; Температура охлаждаемой среды на выходе в радиатор, °C; Средняя температура охлаждаемой среды, °C; Средняя плотность охлаждаемой среды, кг/м3 (расчет); Средняя теплоемкость охлаждаемой среды, Дж/(кг \* °C) (расчет); Средняя кинематическая вязкость охлаждаемой среды, м2/с (расчет). Второй выпадающий список: Охлаждаемая среда. Поля ввода: Температура охлаждаемой среды до радиатора, °C; Температура охлаждаемой среды после радиатора, °C; Средняя плотность охлаждаемой среды, кг/м3 (расчет); Средняя теплоемкость охлаждаемой среды, Дж/(кг \* °C) (расчет); Средняя кинематическая вязкость охлаждаемой среды, м2/с (расчет). Кнопка: Расчет

Рис. 7. Создание новой заявки и заполнение исходных данных

В конечном итоге пользователь получает отчет в виде pdf файла (рис. 8), который он может использовать для реализации поставленных им целей.

Сервис администраторов, у которого в качестве точки входа выступает <https://admins.riotsolver.ru/>, позволяет просматривать заявки всех пользователей, а также подтверждать их регистрацию для доступа к ресурсам сайта.

Такой шаг, как разделение сервиса на две отдельные сущности, был принят в связи с эффективностью организованности функциональности веб-приложения, которая, в свою очередь, обеспечивает удобство использования как для обычных пользователей, так и для администраторов. Каждый сервис имеет свой набор функций и прав доступа, что обеспечивает безопасность системы и ее управление.

RADIATOR - Введите название проекта 30.04.2024 16:42:46

№ п/п	Наименование	Значение	Ед.изм.	Параметр
1	RADIATOR - Введите название проекта 30.04.2024 16:42:46			Вводный
2	Выберите			Вводный
3	Выделяемая тепловая энергия агрегатом	50	кВт	Вводный
4	Охлаждаемая среда	Необходимо выбрать среду		Вводный
5	Температура охлаждаемой среды на входе в радиатор	90	0С	Вводный
6	Температура охлаждаемой среды на выходе из радиатора	80	0С	Вводный
7	Средняя температура охлаждаемой среды	85,00	0С	Расчетный
8	Средняя плотность охлаждаемой среды	0,000	кг/м3	Расчетный
9	Средняя теплоемкость охлаждаемой среды	0,00	Дж/(кг*0С)	Расчетный
10	Средняя кинематическая вязкость охлаждаемой среды	0,000000000	м2/с	Расчетный
11	Охлаждающая среда	Воздух		Вводный
12	Температура охлаждающей среды до радиатора	40	0С	Вводный
13	Температура охлаждающей среды после радиатора	60	0С	Вводный
14	Средняя температура охлаждающей среды	50,00	0С	Расчетный
15	Средняя плотность охлаждающей среды	1,093	кг/м3	Расчетный
16	Средняя теплоемкость охлаждающей среды	1005,29	Дж/(кг*0С)	Расчетный
17	Средняя кинематическая вязкость охлаждающей среды	0,000014725	м2/с	Расчетный
18	Технология изготовления трубок	Круглоорезренная труба + намотанное оребрение (Медь)		Вводный
19	Материал трубки	Трубка 13x0,8 материал 03м		Вводный

Рис. 8. Готовый отчет

Помимо этого, разделение веб сервиса на составляющие позволяет значительно оптимизировать систему, что положительно повлияет на производительность в целом и обеспечить гибкость и легкость масштабируемости системы. Все разворачиваемые в системе сервисы работают и масштабируются независимо друг от друга. Такой подход положительно сказывается на их управлении и, в случае необходимости, позволяет оперативно масштабировать систему под нужды пользователей.

**Результаты.** Для выполнения работы была проделана теоретическая и практическая работа, которая рассматривалась выше. Подробно изучены и проанализированы текущие существующие решения на рынке и проработана архитектура высокодоступного и отказоустойчивого кластера Kubernetes. Помимо этого спроектированы и реализованы расширяемые базы данных в соответствии с Федеральным законом 152 «О персональных данных».

Кроме этого, был разработан веб-сервис на языке программирования Python с использованием библиотеки Django. Данный сервис вместе с программным комплексом Radiator находится внутри кластера и позволяют производить сложные инженерные расчеты.

Для отказоустойчивости системы были подключены брокер сообщений RabbitMQ, который складывает и распределяет запросы внутри системы, а также Prometheus в связи с Grafana, которые служат для отображения метрик не только всего кластера, но и каждого узла в частности.

**Заключение.** В конечном итоге был разработан облачный отказоустойчивый кластер с высокой доступностью в Kubernetes, который позволяет специалистам производить сложные инженерные расчеты при проектировании теплообменных агрегатов различного назначения. Данный кластер легко масштабируется, путем добавления новых рабочих узлов в кластер, что позволит увеличить вычислительную мощность при увеличивающемся количестве пользователей. Предложенный подход и способы защиты облачной инфраструктуры позволят защитить программный комплекс, обеспечить отказоустойчивость, а компании смогут пользоваться сервисом и не вкладывать средства в собственные вычислительные мощности и администрирование.

Предложенное решение может быть адаптировано и для других программных комплексов выполняющих сложные вычисления в любых сферах деятельности, которые будут освещаться в последующих публикациях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита программного обеспечения от несанкционированного использования / Е.М. Курсков // Международная научно-практическая конференция по компьютерной и информационной безопасности (INFSEC 2023): сборник статей. ООО «Институт цифровой экономики и права». — Екатеринбург. — 2023. — С. 51-56.
2. Безопасный ключ к «облаку» / В. Ткаченко // Защита информации. — Инсайд. — 2012. — № 2 (44). — С. 46-50.
3. ITELON: Вычислительный кластер, Россия. — 2018. — URL: <https://itelon.ru/blog/vychislitelnyy-klaster/> (дата обращения: 10.05.2024).
4. ITELON: Высокопроизводительные кластерные решения, Россия. — 2018. — URL: <https://itelon.ru/solution/Cluster-servers> (дата обращения: 11.05.2024).
5. Хабр: Внутреннее устройство Kubernetes-кластера простым языком, Россия. — 2021. — URL: <https://habr.com/ru/companies/flant/articles/583660/> (дата обращения 11.05.2024).
6. Git in Sky: Kubernetes для начинающих, Россия. — 2021. — URL: <https://gitinsky.com/kubernetesarticle> (дата обращения: 11.05.2024).
7. Kubernetes: Основы Kubernetes, США. — 2008. — URL: <https://kubernetes.io/ru/docs/tutorials/kubernetes-basics/> (дата обращения: 11.05.2024).
8. PostgreSQL: PostgreSQL, США. — 2024. — URL: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения 11.05.2024).
9. RabbitMQ: One broker to queue them all, США [Электронный ресурс] — 2024. — URL: <https://www.rabbitmq.com/> (дата обращения: 11.05.2024).