

Ковнацкий Максим Феликсович, Слушатель
Краснодарское высшее военное училище имени генерала
армии Штеменко С.М.

Назаров Игорь Владимирович, Доцент
Краснодарское высшее военное училище имени генерала
армии Штеменко С.М.

Гнутов Максим Сергеевич, Преподаватель
Краснодарское высшее военное училище имени
генерала армии Штеменко С.М.

Акишин Андрей Владимирович, Доцент
Краснодарское высшее военное училище имени
генерала армии Штеменко С.М.

**ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ
ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ОДНОСТОРОННЕЙ
СИНХРОНИЗАЦИИ РАЗНОТИПНЫХ БАЗ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ
СИСТЕМАХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

**THE MAIN APPROACHES TO EVALUATING THE EFFECTIVENESS
OF PROCESSES FOR IMPROVING THE EFFICIENCY AND RELIABILITY
OF ONE-WAY SYNCHRONIZATION OF DIFFERENT TYPES OF DATABASES
IN PERSONAL DATA INFORMATION SYSTEMS**

Аннотация. В статье анализируются основные методы оценки эффективности односторонней синхронизации разнотипных баз данных в информационных системах персональных данных (ИСПДн). Рассмотрены критерии оперативности и достоверности, методы повышения качества синхронизации, а также влияние особенностей разнотипных баз данных на процессы синхронизации. Предложена комплексная методика оценки с использованием показателей времени обновления, полноты данных, точности и контроля целостности. Дана оценка влияния нормативных требований на процессы синхронизации и безопасности ИСПДн.

Abstract. The article analyzes the main methods for evaluating the effectiveness of one-way synchronization of different types of databases in personal data information systems (ISPs). The criteria of efficiency and reliability, methods for improving the quality of synchronization, as well as the influence of the features of different types of databases on synchronization processes are considered. A comprehensive assessment methodology is proposed using indicators of update time, data completeness, accuracy, and integrity control. An assessment of the impact of regulatory requirements on the synchronization and security processes of ISPs is given.

Ключевые слова: Односторонняя синхронизация, разнотипные базы данных, информационные системы персональных данных, эффективность, оперативность, достоверность.

Keywords: One-way synchronization, diverse databases, personal data information systems, efficiency, efficiency, reliability.

Современное информационное пространство характеризуется возрастающей потребностью в эффективной обработке и обмене персональными данными. Информационные системы персональных данных (ИСПДн) играют ключевую роль в обеспечении хранения, обработки и передачи таких данных с учетом требований безопасности и конфиденциальности [1].



Одним из основных технических процессов в ИСПДн является синхронизация данных между разнотипными базами данных (БД), которые могут иметь различные структуры, форматы и технологии реализации (реляционные, объектно-ориентированные, документоориентированные и др.). Односторонняя синхронизация – процесс передачи данных в одном направлении – часто используется для актуализации копий или агрегированных данных без необходимости двунаправленного обмена.

Ключевыми аспектами успешной реализации синхронизации являются ее оперативность и достоверность. В условиях обработки персональных данных данные должны обновляться своевременно, без задержек, и при этом сохранять полноту и точность.

Данная статья посвящена исследованию подходов к оценке эффективности процессов односторонней синхронизации разнотипных БД в ИСПДн с целью выработки рекомендаций по оптимизации этих процессов.

Разнотипные базы данных – это базы, использующие различные модели данных и технологии хранения. Например, классические реляционные БД (SQL-серверы, Oracle), документоориентированные (MongoDB), графовые базы (Neo4j) и др. Каждый тип БД имеет свои особенности структуры данных, языка запросов и механизма индексации [2].

В ИСПДн часто требуется интеграция данных из разных БД для обеспечения целостного представления персональной информации. При этом возникает необходимость синхронизации данных между этими базами, что сопряжено с проблемами сопоставления схем, конвертации форматов и обеспечения согласованности данных.

Односторонняя синхронизация предполагает передачу обновлений только в одном направлении – от источника данных к приемнику. Такой подход применяется для поддержания актуального состояния копий данных, резервных баз, а также для передачи агрегированных данных в аналитические системы [3].

Односторонняя синхронизация проще по реализации, так как не требует разрешения конфликтов, характерных для двунаправленной синхронизации. Однако требования к корректности и полноте передаваемых данных остаются высокими.

Основные сложности заключаются в:

- различиях в моделях и схемах данных;
- различиях в типах данных и способах их хранения;
- необходимости преобразования форматов;
- обеспечении целостности и полноты данных;
- управлении скоростью и частотой обновлений [4].

Рисунок 1 демонстрирует типовую архитектуру односторонней синхронизации разнотипных БД.

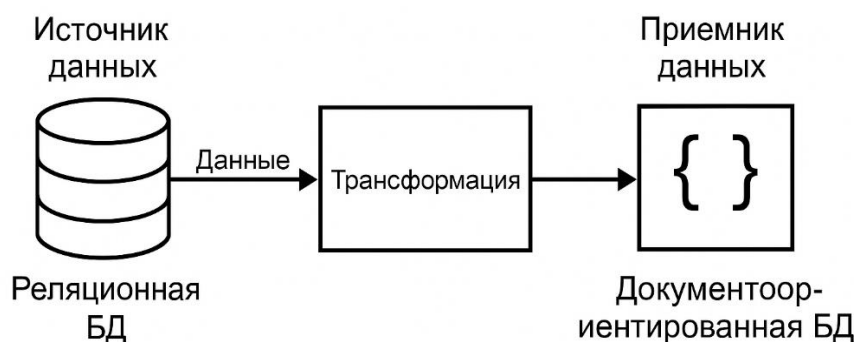


Рис. 1. Типовая схема односторонней синхронизации разнотипных баз данных

Для комплексной оценки эффективности процесса односторонней синхронизации выделяются следующие ключевые критерии:

1 Оперативность.

Оперативность характеризует скорость обновления данных в приемнике после изменения в источнике. Ключевые параметры:



- Время обновления ($t_{\text{обн}}$) – интервал между изменением данных в источнике и обновлением в приемнике.
- Скорость передачи данных ($V_{\text{перед}}$) – объем данных, передаваемых за единицу времени.
- Частота синхронизации ($f_{\text{синхр}}$) – количество операций синхронизации за заданный период.

Формула времени обновления может быть представлена как:

$$t_{\text{обн}} = t_{\text{перед}} + t_{\text{обраб}} + t_{\text{запис}},$$

где $t_{\text{перед}}$ – время передачи данных,

$t_{\text{обраб}}$ – время обработки и преобразования данных,

$t_{\text{запис}}$ – время записи в приемную базу.

2 Достоверность.

Достоверность отражает качество передаваемых данных и обеспечивает их соответствие оригиналу. Включает:

- Полноту данных ($R_{\text{полн}}$) – доля успешно переданных и актуализированных данных от общего объема изменений.
- Точность передачи ($R_{\text{точн}}$) – отсутствие ошибок и искажений в данных.
- Контроль целостности ($S_{\text{целостн}}$) – механизмы проверки и восстановления данных при ошибках.

Показатель полноты может быть оценен по формуле:

$$R_{\text{полн}} = \frac{V_{\text{перед}}}{V_{\text{изм}}},$$

где $V_{\text{перед}}$ – объем переданных данных,

$V_{\text{изм}}$ – объем изменений в источнике.

3 Безопасность и соответствие требованиям ИСПДн.

Особенностью ИСПДн является необходимость обеспечения безопасности и соответствия законодательству (например, Федеральный закон №152-ФЗ «О персональных данных») [5].

Важные параметры:

- Шифрование данных при передаче и хранении;
- Аудит и логирование операций синхронизации;
- Механизмы аутентификации и авторизации;
- Защита от несанкционированного доступа и утечек информации.

Таким образом, оценка эффективности должна включать показатели безопасности.

При инкрементальной синхронизации вместо передачи полного объема данных передаются только изменения (дельты), что значительно сокращает объем передаваемой информации и время обновления [6].

Рассмотрим обозначения:

$V_{\text{полн}}$ – объем полной базы,

$V_{\text{изм}}$ – объем изменений за период,

$t_{\text{полн}}$ – время передачи полной базы,

$t_{\text{инк}}$ – время передачи изменений.

Преимущество:

$$t_{\text{инк}} \ll t_{\text{полн}}, \text{ если } V_{\text{изм}} \ll V_{\text{полн}}$$

Использование многопоточности и сжатия данных уменьшает время обработки и передачи, что положительно сказывается на общей оперативности [7].

Улучшение алгоритмов сопоставления структур и типов данных позволяет снизить накладные расходы на преобразование и повысить скорость синхронизации.

В целях повышения достоверности процессов односторонней синхронизации используются различные технические и программные методы, направленные на обеспечение целостности и надежности передачи данных. Применение протоколов передачи с подтверждением, таких как TCP/IP, позволяет гарантировать доставку информации без потерь



за счет обязательного подтверждения получения пакетов. Для выявления и предотвращения искажений данных на всех этапах передачи активно используются контрольные суммы, циклический избыточный код (CRC), а также хеш-функции, что обеспечивает надежную верификацию целостности данных [8]. Важным механизмом также является логирование операций синхронизации, которое позволяет в случае сбоев или ошибок восстановить корректное состояние базы данных на основании записей в журнале. Кроме того, несмотря на относительно низкий уровень конфликтности в односторонней синхронизации, в отдельных случаях требуется реализация процедур автоматического разрешения конфликтов и обеспечения согласованности данных между источником и приемником.

В ИСПДн требования к защите данных накладывают дополнительные ограничения на процессы синхронизации:

- необходимость использования шифрования (например, AES, TLS);
- ограничение времени обработки из-за политики обновления данных;
- аудиторский контроль и хранение журналов операций;
- соответствие регламентам по доступу и разграничению прав.

Таблица 1 отражает основные требования ИСПДн и их влияние на процессы синхронизации.

Таблица 1

Требования безопасности и их влияние на синхронизацию

Требование	Влияние на синхронизацию	Методы реализации
Шифрование данных	Увеличение времени обработки	Аппаратное/программное шифрование
Аутентификация	Дополнительные запросы и проверки	Использование сертификатов, токенов
Логирование	Увеличение объема данных и времени	Оптимизация формата и хранилища логов
Контроль доступа	Ограничение доступа к синхронизируемым данным	Ролевые модели и права доступа

В рамках валидации предложенных методов была разработана и протестирована экспериментальная система односторонней синхронизации данных между реляционной базой данных PostgreSQL и документоориентированной MongoDB. Для проведения эксперимента использовалась выборка, содержащая 100 000 записей с персональными данными. В процессе тестирования в исходной базе выполнялись операции добавления, обновления и удаления данных, при этом фиксировались показатели времени синхронизации, полноты и точности передачи информации. В систему были внедрены механизмы инкрементальной синхронизации и сжатия данных. Результаты эксперимента показали, что инкрементальный подход позволил сократить время обновления в 5 раз по сравнению с полной синхронизацией, а применение сжатия снизило объем передаваемой информации на 40%. Использование контрольных сумм обеспечило обнаружение и корректировку всех ошибок передачи, что обеспечило 100% достоверность синхронизируемых данных. Внедрение шифрования привело к увеличению времени передачи лишь на 10%, что укладывается в допустимые нормативные значения.

График 1 демонстрирует динамику времени обновления в зависимости от объема изменений.



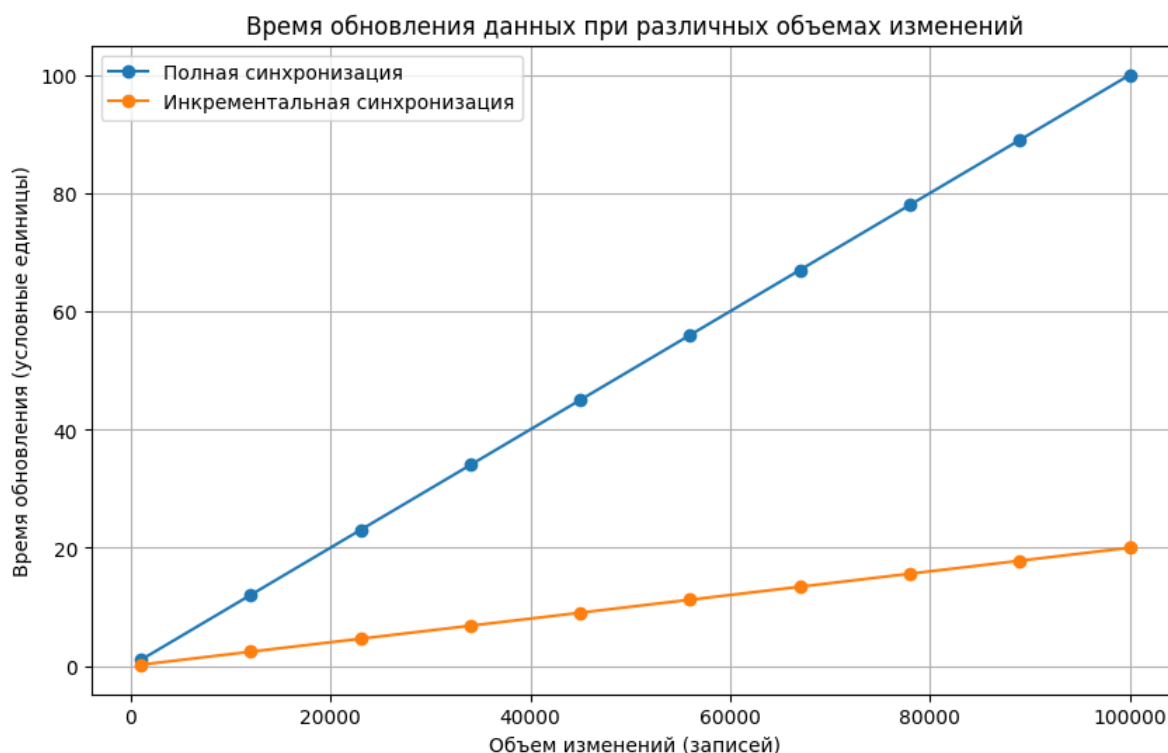


График 1. Время обновления данных при различных объемах изменений

Предложенные методы повышения эффективности – инкрементальная синхронизация, оптимизация алгоритмов, контроль целостности и шифрование – показали высокую результативность в экспериментальных условиях.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на автоматизацию оценки и интеграцию с системами управления данными, а также адаптацию методов под специфические требования различных отраслей.

Список литературы:

1. Федеральный закон №152-ФЗ «О персональных данных». – Москва, 2006.
2. Elmasri R., Navathe S. Fundamentals of Database Systems. 7th Edition. Pearson, 2015.
3. Wiederhold G. Mediators in the architecture of future information systems. Computer, 1992.
4. Bernstein P. et al. Middleware for Distributed Database Systems. ACM Computing Surveys, 1996.
5. ГОСТ Р 57580.1-2017. Информационные технологии. Безопасность персональных данных.
6. Microsoft Docs. Change Tracking in SQL Server. 2023.
7. Kumar V., et al. Data Compression Techniques in Distributed Systems. Journal of Computer Science, 2020.
8. Schneier B. Applied Cryptography. 2nd Edition. Wiley, 1996.

