

## **Автономные отказоустойчивые веб-приложения для систем обеспечения доступа к данным дистанционного зондирования Земли**

**Гинзбург И.Б.**

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия  
e-mail: iliagi@mail.ru*

### **Аннотация**

В работе представлен новый метод функционирования веб-приложений для Единой территориально-распределенной информационной системы дистанционного зондирования Земли (ЕТРИС ДЗЗ), расширяющий возможности этой системы. Предложенный метод основывается на введении в состав клиент-серверной системы программно-информационного комплекса – автономного веб-приложения (АВП), позволяющего сохранять всю попавшую в него информацию (как полученную с сервера, так и введенную пользователем) до тех пор, пока она необходима. АВП обеспечивает качественные и количественные преимущества по сравнению с традиционным веб-приложением. Качественными преимуществами являются: возможность автономной работы пользователей с полученными с сервера данными и автоматическая актуализация локально сохраненных данных; возможность аварийного резервирования вводимых пользователем данных и автоматическая отправка сохраненных данных при возобновлении соединения с сервером.

Количественными преимуществами являются: уменьшение расхода трафика; уменьшение времени ожидания загрузки веб-страниц.

**Ключевые слова:** геосервисы, клиентские приложения для систем обеспечения доступа к данным дистанционного зондирования Земли, автономные веб-приложения.

На современном этапе развития отечественной космической инфраструктуры, наряду с расширением и модернизацией орбитальной группировки, требуется активизация использования полученной с помощью космических аппаратов информации в различных областях деятельности [1], что, по сути, соответствует повышению эффективности данной инфраструктуры. Это отражено, в частности, в «Концепции развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года» [2]. В ней значительное внимание уделяется созданию современного наземного комплекса приема, обработки и распространения космических данных, получаемых от космических аппаратов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Данный комплекс создается в виде Единой территориально-распределенной информационной системы ДЗЗ (ЕТРИС ДЗЗ) [2]. В концепции директивно указана необходимость расширения возможностей доступа потребителей к данным ДЗЗ, обеспечив им различные способы формирования запросов и получения данных ДЗЗ с использованием

ведомственных и других каналов связи, включая сеть Интернет, и с использованием различных терминальных устройств.

В рамках ЕТРИС ДЗЗ создаются Интернет-порталы [3], состоящие из банка данных космической информации ДЗЗ, куда собирается информация с космических аппаратов, и веб-интерфейса информационно-справочной системы, с помощью которого осуществляется поиск, заказ, получение данных и аналитической информации, а также управление всей системой.

Известные в настоящее время технологии функционирования веб-сервисов обеспечивают ограниченные возможности работы пользователей с данными порталов. Это касается, в частности, ограничений, связанных с доступом к ним с разнородных мобильных терминальных устройств, особенно в условиях разрывов или долговременных потерь соединений с порталами, что позволяет говорить о низком уровне отказоустойчивости известных мобильных веб-сервисов. Соответственно, эти ограничения распространяются и на ЕТРИС ДЗЗ, сужая круг потенциальных пользователей данной системы, так как, во-первых, требуют от них наличия определенных терминальных устройств, а, во-вторых, ограничивают возможности работы с космической информацией в условиях нестабильно работающих каналов связи.

В связи с этим требуется обеспечить отказоустойчивый доступ к информации ЕТРИС ДЗЗ с различных клиентских устройств, включая мобильные, а также возможности автономной работы пользователей с полученными с сервера данными на их персональных устройствах.

Для этого предлагается новый метод функционирования клиент-серверной системы, базирующийся на использовании возможностей стандарта HTML5 [4] и содержащий в своей основе механизмы сохранения данных и манипулирования ими на клиентском устройстве средствами только веб-приложения.

Основная идея предлагаемого метода состоит в том, что в состав клиент-серверной системы вводится программно-информационный комплекс (рис. 1), названный автономным веб-приложением (АВП), который обладает следующим свойством: информация, попавшая в него с клиентского устройства или с сервера, сохраняется до тех пор, пока она необходима.

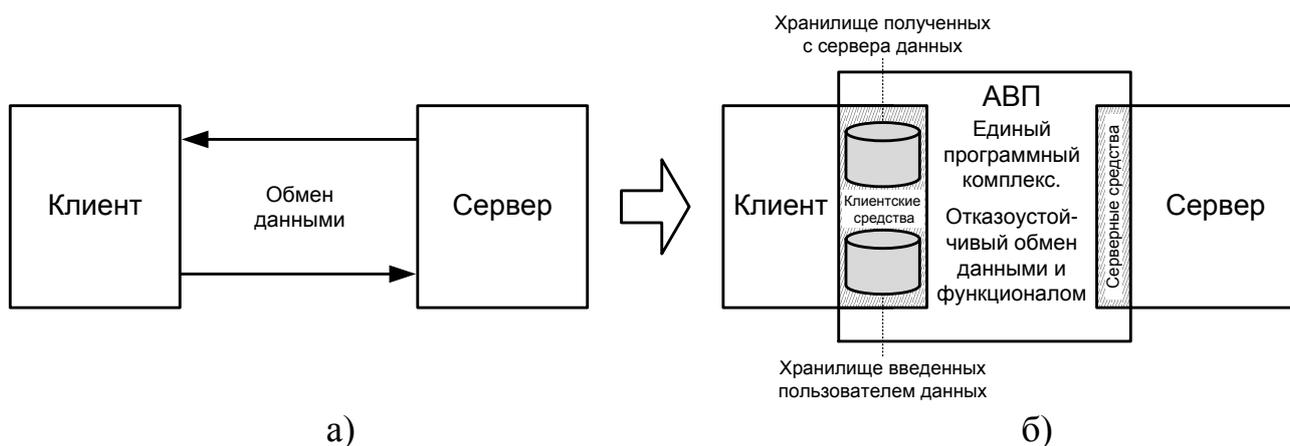


Рис. 1. Клиент-серверное взаимодействие

а) на основе традиционного веб-приложения; б) на основе АВП

Для сохранения в АВП информации используются механизмы [5, 6], предоставляемые стандартом HTML5.

Анализ особенностей и проблем системы обеспечения доступа к данным ДЗЗ позволил сформулировать следующие требования к данной системе:

- кроссплатформенность – возможность использования различных типов стационарных и мобильных клиентских устройств в качестве терминалов ЕТРИС ДЗЗ;
- отказоустойчивость – возможность резервирования вводимых пользователем данных при потере соединения с сервером и автоматическая отправка их на сервер при восстановлении соединения;
- автономность – возможность работы с ранее загруженными с сервера данными без подключения к серверу.

Результаты анализа соответствия сформулированным требованиям современных приложений, обеспечивающих доступ к центрам хранения и обработки информации через сеть Интернет, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Соответствие требованиям различных типов приложений

Требование Тип приложения	Кроссплатформенность	Отказоустойчивость		Автономность	
		Сохранение введенных данных при разрыве соединения с сервером	Отправка данных на сервер при восстановлении соединения	Возможность автономной работы с полученными данными	Актуализация локально сохраненных данных при их изменении на сервере
Отдельное приложение для ПК	Поддержка отдельных платформ ПК	Не зависит от наличия соединения	Ручное	Всегда работает автономно	Ручное
Клиент-серверное интегрированное приложение АРМ для ПК	Поддержка отдельных платформ ПК	Автоматическое	Автоматическое	Частичная, может не быть долговременного кэша	Автоматическое
Традиционное веб-приложение	Все устройства с веб-браузером	Вероятен возврат к заполненной форме при нажатии кнопки «Назад» веб-браузера (зависит от конкретного веб-браузера), откуда пользователь должен вручную скопировать и сохранить данные	Ручное	Только с открытой веб-страницей	Автоматическое, но данные недоступны автономно после закрытия веб-браузера
Традиционное веб-приложение с асинхронной передачей данных, без учёта возможного разрыва связи	Все устройства с веб-браузером	Нет	Ручное	Только с открытой веб-страницей	Автоматическое, но данные недоступны автономно после закрытия веб-браузера
Традиционное веб-приложение с асинхронной передачей данных, с учётом возможного разрыва связи	Все устройства с веб-браузером	До получения ответа сервера форма не закрывается, что позволяет вручную скопировать и сохранить данные	Ручное или полуавтоматическое при оставлении пользователем открытого окна веб-браузера до восстановления соединения	Только с открытой веб-страницей	Автоматическое, но данные недоступны автономно после закрытия веб-браузера
Мобильное приложение	Поддержка отдельных платформ мобильных устройств	Автоматическое	Автоматическое	Частичная, может не быть долговременного кэша	Автоматическое
<b>Предлагаемое решение</b>	Все устройства с веб-браузером стандарта HTML5	Автоматическое	Автоматическое	Есть	Автоматическое

На сегодняшний день проблемой являются потери информации за счет сбоя и помех в каналах передачи данных, особенно при использовании беспроводных каналов [7, 8], а также необходимость повторной загрузки больших объемов данных при использовании веб-приложений.

Данные обстоятельства особо негативно сказываются при доступе к ЕТРИС ДЗЗ через Интернет, поскольку вероятность помех ограничивает длительность сеансов работы с данными, а использование веб-приложений исключает возможность автономного локального сохранения и использования индивидуальных наборов данных отдельными пользователями.

С принятием стандарта HTML5 названные ограничения стало возможным устранить с помощью реализации долговременных локальных хранилищ данных на стороне клиента, средствами HTML5. Данное обстоятельство вылилось в предложение нового метода функционирования веб-приложений для ЕТРИС ДЗЗ, называемых в работе автономными веб-приложениями (АВП). Основные положения предложенного метода включают:

1. в состав клиент-серверной системы вводится программно-информационный комплекс, названный выше АВП, который обладает следующим свойством: информация, попавшая в него с клиентского устройства или с сервера, сохраняется до тех пор, пока она необходима;

2. для реализации клиентской части АВП на клиентском устройстве выделяется память для долговременного сохранения данных, получаемых с сервера и вводимых пользователем;

3. для сохранения в АВП информации, пока она необходима, используются механизмы, предоставляемые стандартом HTML5;

4. управление локальным сохранением полученных с сервера данных на стороне клиента осуществляется на основе манифеста кэша (МК);

5. исключение повторной передачи статической информации.

Благодаря этому АВП имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным веб-приложением, которые делятся на:

1. качественные (что традиционное веб-приложение не может обеспечить): возможность автономной работы пользователей с полученными с сервера данными и автоматическая актуализация локально сохраненных данных; возможность аварийного резервирования вводимых пользователем данных и автоматическая отправка сохраненных данных при возобновлении соединения с сервером.

2. количественные: уменьшение расхода трафика; уменьшение времени ожидания загрузки веб-страниц.

Для оценки количественных преимуществ разработана математическая модель, содержащая зависимости основных показателей клиент-серверной системы с АВП от характеристик данных, постоянных локальных хранилищ клиентского устройства, канала передачи данных и последовательности событий (рис. 2).

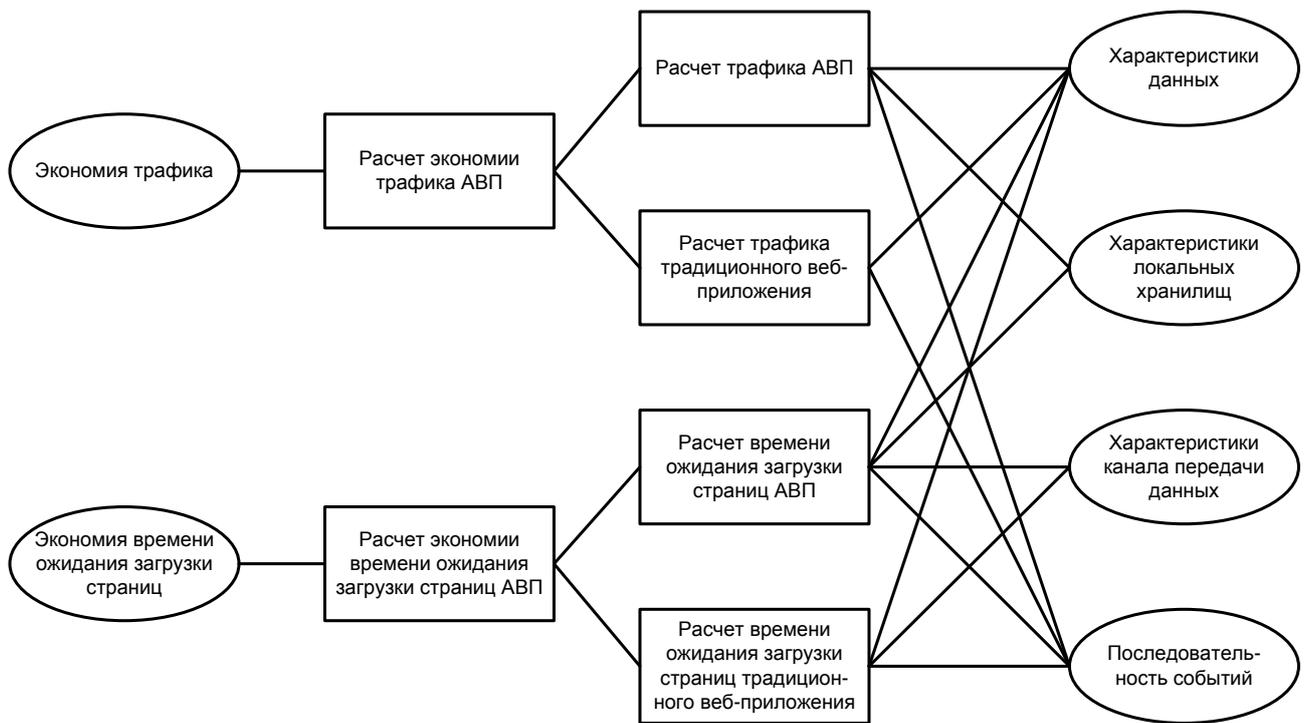


Рис. 2. Схема модели АВП и традиционного веб-приложения

Приведенная на рис. 2 модель включает в себя:

### Характеристики данных

$P_{ij}^{получ}$  – получаемый с сервера элемент веб-страницы;  $P_{ij}^{отпр}$  – отправляемые на сервер введенные пользователем данные;  $P_{ijj}^{подтв.трад}$  – получаемый с сервера элемент веб-страницы; подтверждения доставки введенных данных традиционного веб-приложения;  $P_{ij}^{подтв.АВП}$  – получаемое с сервера подтверждение доставки введенных данных АВП.

### Характеристики локальных хранилищ

$C^{пост.прил}$  – кэш в Application Cache для локального хранения данных  $P_{ij}^{получ}$ , полученных с сервера (объем хранилища может достигать максимального объема свободной памяти устройства);  $C^{пост.дан}$  – кэш в Local Storage для локального

хранения введенных пользователем данных  $P_{ij}^{отпр}$ , которые не были доставлены на сервер (объем хранилища до 10 мегабайт);  $M^{кэш}$  – файл манифеста кэша, управляющий сохранением данных в  $C^{пост.прил}$ ;  $H$  – доля запросов (по количеству), обслуживаемых из кэша  $C^{пост.прил}$ ;  $B$  – доля данных (по объему), подаваемых из кэша  $C^{пост.прил}$ .

### **Характеристики канала передачи данных**

$V_C$  – пропускная способность канала связи;  $t_C$  – время отклика сервера.

### **Последовательность событий (определяется протоколом HTTP)**

$D$  – мультипоследовательность получения данных (входящий трафик);  $d_i$  – последовательность получения данных;  $U$  – мультипоследовательность отправки данных (исходящий трафик);  $u_i$  – последовательность отправки данных.

В разработанной модели приняты следующие обозначения:  $i$  – индекс последовательности получения или отправки клиентом сообщений;  $j$  – индекс принимаемого или отправляемого файла или сообщения в рамках последовательности с индексом  $i$ ;  $j'$  – индекс принимаемого файла или сообщения в рамках последовательности получения подтверждения доставки на сервер введенных пользователем данных файла или сообщения с индексом  $j$ . Введены операторы:  $size : X \rightarrow Y$ , где  $X$  – файл,  $Y$  – размер данного файла в килобайтах;  $len : W \rightarrow V$ , где  $W$  – конечная последовательность или мультипоследовательность,  $V$  – число элементов данной последовательности или мультипоследовательности.

Благодаря наличию кэшей  $C^{пост.дан}$  и  $C^{пост.прил}$  АВП может резервировать все вводимые пользователем данные и обеспечивать несколько режимов работы с данными, получаемыми клиентом с сервера, в зависимости от объема локально сохраненных данных.

Работа клиентской части АВП состоит из первоначальной загрузки данных с сервера для инициализации кэша  $C^{пост.прил}$ , загрузки новых данных с сервера при работе кэша  $C^{пост.прил}$ , отправки введенных пользователем данных на сервер с использованием кэша  $C^{пост.дан}$  для резервирования введенных данных. Работая с АВП можно свободно закрывать браузер и даже выключать устройство – данные в  $C^{пост.дан}$  и  $C^{пост.прил}$  не пропадут.

Описания режимов работы с данными, получаемыми клиентом с сервера, отличаются разными значениями коэффициентов  $0 \leq H \leq 1$  и  $0 \leq B \leq 1$ , учитывающих попадание запросов в кэш данных веб-приложения как по числу запросов, так и по количеству переданных байт. В ходе эксплуатации АВП кэш  $C^{пост.прил}$  пополняется новыми  $P_{ij}^{получ}$  и значения коэффициентов  $H$  и  $B$  увеличиваются.  $H = 1, B = 1$  означает полностью автономную работу с обращением к серверу только для проверки наличия обновлений сохраненных данных.

Представленная модель описывает функционирование АВП, а также распространяется на традиционное веб-приложение, как частный случай, если  $H = 0, B = 0$  при  $size(C^{пост.дан}) = 0, size(C^{пост.прил}) = 0, size(M^{кэш}) = 0$ .

Данная модель включает в себя взаимодействие клиентов с сервером ЕТРИС при работе традиционного веб-приложения и АВП и описывает: сетевой трафик; время загрузки страниц, количество запросов и время ожидания ответа сервера; время использования канала связи.

На основе модели проведен анализ преимуществ АВП по сравнению с традиционным веб-приложением по критериям уменьшения количества запросов к серверу, экономии трафика, уменьшения суммарного времени ожидания ответа сервера, времени использования каналов связи и времени загрузки страниц.

### **Экономия трафика АВП**

Экономия трафика  $\Delta D$  при загрузке данных с сервера при работе с АВП по сравнению с традиционным веб-приложением достигается за счет загрузки некоторой определенной доли данных от общего объема загружаемых данных из локального хранилища  $C^{пост.прил}$  и определяется по формуле

$$\Delta D = D^{трад} - D^{ABП} = \sum_{i=1}^{\text{len}(D)} \left( B \sum_{j=1}^{\text{len}(d_i)} \text{size}(P_{ij}^{получ}) - \text{size}(M^{кэш}) \right), \quad (1)$$

где  $D^{трад}$  – трафик при загрузке данных с сервера традиционным веб-приложением,  $D^{ABП}$  – трафик при загрузке данных с сервера АВП,  $\text{len}(D)$  – количество последовательностей  $d_i$  получения клиентом данных с сервера,  $\text{len}(d_i)$  – количество страниц, файлов и сообщений, получаемых клиентом с сервера в последовательности  $d_i$ ,  $\text{size}(P_{ij}^{получ})$  – размер в КБ  $j$ -й страницы, файла или сообщения в последовательности  $d_i$ ,  $\text{size}(M^{кэш})$  – размер в КБ файла манифеста кэша  $M^{кэш}$ .

При этом  $\Delta D > 0$ , так как при предлагаемой организации работы кэша АВП размер закешированных файлов всегда больше размера файла манифеста кэша  $M^{кэш}$ .

Рассматриваются четыре режима работы кэшей:

1. Резервирование вводимых пользователем данных в  $C^{пост.дан} = \{P_{ij}^{отпр}\}$ ;
2. Режим работы АВП с минимальным начальным объемом локальных данных  $C^{пост.прил} \subset d_i$  (все сохраненные данные есть на каждой странице);
3. Режим работы АВП с универсальным набором локальных данных  $C^{пост.прил} \cup d_i$  (сохраненные данные в разном составе есть на разных страницах);
4. Автономный режим работы АВП с хранением данных автономных последовательностей в  $C^{пост.прил} = \{d_i\}$  (все данные группы страниц сохранены локально).

У режимов 2 и 3 есть модификации: «с изображениями» – для страниц с графическими данными ЕТРИС ДЗЗ, «только текст» – для загрузки только слоев текстовых данных описаний для предварительно сохраненной графической подложки.

Отправка введенных пользователем данных на сервер у традиционного веб-приложения и у АВП происходит с одинаковым расходом исходящего трафика; существенные отличия возникают при получении подтверждения от сервера. Традиционному веб-приложению требуется сначала загрузить набор связанных

элементов  $\{P_{ij}^{подтверд}\}$ , чтобы удостовериться, что сервер получил введенное сообщение, и только потом загрузить следующую страницу  $\{P_{ij}^{получ}\}$  с данными, в то время как АВП достаточно загрузить одно единственное сообщение  $P_{ij}^{подтверд\ АВП}$ .

Отличие загрузки ответа сервера, подтверждающего доставку отправленных клиентом на сервер данных от обычной загрузки страниц состоит в том, что первым запросом является не запрос веб-страницы, а отправка введенных пользователем данных.

Экономия трафика  $\Delta D^{подтверд}$ , затрачиваемого на загрузку ответа сервера, подтверждающего доставку отправленных клиентом на сервер данных при работе с АВП по сравнению с традиционным веб-приложением достигается за счет уменьшения количества загружаемых файлов подтверждения доставки и снижения их объема, и определяется по формуле

$$\Delta D^{подтверд} = D^{подтверд} - D^{подтверд\ АВП} = \sum_{i=1}^{\text{len}(U)} \sum_{j=1}^{\text{len}(u_i)} \left( \left( \sum_{j'=1}^{\text{len}(d_{ij}^{подтверд})} \text{size}(P_{ijj'}^{подтверд}) \right) - \text{size}(P_{ij}^{подтверд\ АВП}) \right), \quad (2)$$

где  $D^{подтверд}$  – трафик при загрузке подтверждения доставки данных на сервер традиционным веб-приложением,  $D^{подтверд\ АВП}$  – трафик при загрузке подтверждения доставки данных на сервер АВП,  $\text{len}(U)$  – количество последовательностей  $u_i$  отправки клиентом данных на сервер,  $\text{len}(u_i)$  – количество сообщений, отправляемых клиентом на сервер в последовательности  $u_i$ ,  $\text{len}(d_{ij}^{подтверд})$

– количество страниц, файлов и сообщений, загруженных клиентом с сервера для подтверждения доставки отправленных на сервер данных традиционным веб-приложением в последовательности  $u_i$ ,  $\text{size}(P_{ij}^{\text{подтв.трад}})$  – размер в КБ  $j'$ -й загружаемой с сервера традиционным веб-приложением страницы, файла или сообщения, последовательности элементов, подтверждающих доставку сообщения  $P_{ij}^{\text{отпр}}$ , отправленного пользователем на сервер,  $\text{size}(P_{ij}^{\text{подтв.АВП}})$  – размер в КБ сообщения об успешном получении введенных данных, отправляемого сервером клиенту АВП в ответ на получение каждого сообщения  $P_{ij}^{\text{отпр}}$ .

При этом  $\Delta D^{\text{подтв}} > 0$ , так как 
$$\sum_{j'=1}^{\text{len}(d_{ij}^{\text{подтв}})} \text{size}(P_{ijj'}^{\text{подтв.трад}}) > \text{size}(P_{ij}^{\text{подтв.АВП}})$$

и даже  $\text{size}(P_{ij1}^{\text{подтв.трад}}) > \text{size}(P_{ij}^{\text{подтв.АВП}})$ , поскольку  $P_{ij1}^{\text{подтв.трад}}$  является HTML-файлом или HTML-сообщением (в случае асинхронного подтверждения), содержащим информацию и HTML-разметку для формирования интерфейса, в то время как  $P_{ij}^{\text{подтв.АВП}}$  содержит только информацию, а все неизменяемые компоненты интерфейса уже находится в  $C^{\text{пост.прил}}$  на момент отправки пользователем каких-либо введенных данных на сервер.

Сами отправляемые на сервер введенные пользователем данные одинаковы в обоих случаях, как при работе с традиционным веб-приложением, так и при работе с АВП.

## Уменьшение времени загрузки страниц, снижение количества запросов к серверу, уменьшение времени использования канала связи и ожидания ответа сервера АВП

Уменьшение времени загрузки  $\Delta t_D$  страниц клиентом с сервера информационной системы (ИС) при работе с АВП по сравнению с традиционным веб-приложением достигается за счет уменьшения загружаемого объема данных и снижения количества запросов к серверу (что, в свою очередь, влияет на уменьшение времени ожидания ответа сервера и уменьшение времени использования каналов связи), и определяется по формуле

$$\Delta t_D = t_D^{mpa\partial} - t_D^{ABП} = \frac{\Delta D}{V_C} + t_C \left( H \text{len}(D) + \sum_{i=1}^{\text{len}(D)} \left\lceil \frac{H(\text{len}(d_i) - 1) - 1}{k^{\text{парал}}} \right\rceil \right), \quad (3)$$

где  $t_D^{mpa\partial}$  – время загрузки страниц традиционным веб-приложением,  $t_D^{ABП}$  – время загрузки страниц АВП,  $V_C$  – пропускная способность канала связи (скорость передачи данных),  $t_C$  – время отклика сервера – время между отправкой клиентом по каналу связи запроса или первого байта введенных данных на сервер и получением первого байта ответа сервера,  $k^{\text{парал}}$  – количество одновременных соединений веб-браузера клиента с сервером,  $\lceil \cdot \rceil$  – операция округления до ближайшего большего целого.

В формуле (3)  $\frac{\Delta D}{V_C}$  – снижение времени использования канала связи в АВП при загрузке данных,  $t_C \left( H \text{len}(D) + \sum_{i=1}^{\text{len}(D)} \left\lceil \frac{H(\text{len}(d_i) - 1) - 1}{k^{\text{парал}}} \right\rceil \right)$  – уменьшение времени

ожидания ответа сервера при загрузке данных за счет снижения количества запросов к серверу.

При этом  $\Delta t_D > 0$ , так как в среднем для сайтов в Интернете при использовании АВП  $H = 0,46$  и  $\text{len}(d_i) = 96$  по статистике HTTP Archive. Из формулы (3) видно, что чем больше  $H$  – доля количества запросов, обслуживаемых из кэша  $C^{\text{пост.прил}}$ , тем больше экономия времени загрузки страниц за счет снижения суммарного времени использования канала передачи данных и времени ожидания ответа сервера.

Уменьшение времени загрузки  $\Delta t_D^{\text{подтв}}$  подтверждения с сервера о получении введенных данных при работе с АВП по сравнению с традиционным веб-приложением достигается за счет уменьшения загружаемого объема подтверждений и снижения количества запросов к серверу, и определяется по формуле

$$\Delta t_D^{\text{подтв}} = t_D^{\text{подтвтрад}} - t_D^{\text{подтвАВП}} = \frac{\Delta D^{\text{подтв}}}{V_C} + t_C \sum_{i=1}^{\text{len}(U)} \sum_{j=1}^{\text{len}(u_i)} \left[ \frac{\text{len}(d_{ij}^{\text{подтв}}) - 1}{k^{\text{парал}}} \right], \quad (4)$$

где  $t_D^{\text{подтвтрад}}$  – время загрузки подтверждения с сервера о получении введенных данных традиционным веб-приложением,  $t_D^{\text{подтвАВП}}$  – время загрузки подтверждения с сервера о получении введенных данных АВП.

При этом  $\Delta t_D^{\text{подтв}} > 0$ , так как  $\text{len}(d_{ij}^{\text{подтв}}) \geq 1$ , поскольку каждому отправленному сообщению соответствует последовательность загрузки данных подтверждения  $d_{ij}^{\text{подтв}}$ , состоящая не менее чем из одного элемента.

В формуле (4) первое и второе слагаемые выражают соответственно снижение времени использования канала связи в АВП при загрузке подтверждения доставки введенных данных и уменьшение времени ожидания ответа сервера при загрузке подтверждения доставки введенных данных.

Таким образом, в результате анализа моделей традиционного веб-приложения и АВП установлено, что АВП, помимо наличия функции резервирования вводимых пользователем данных и возможности полностью автономной работы с данными, полученными с сервера ЕТРИС ДЗЗ, также превосходят традиционные веб-приложения по критериям уменьшения количества запросов к серверу, экономии трафика, уменьшения суммарного времени ожидания ответа сервера, времени использования канала связи и времени загрузки страниц.

На основе представленной модели проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого подтверждена экономия трафика, уменьшение времени загрузки страниц, уменьшение времени использования каналов связи АВП по сравнению с традиционным веб-приложением при работе в различных режимах  $C^{пост.прил}$ .

### **Экономия трафика АВП**

По результатам расчетов построены графики (рис. 2, 3), демонстрирующие преимущества АВП по снижению расхода трафика перед традиционным веб-приложением при работе на различных каналах связи.

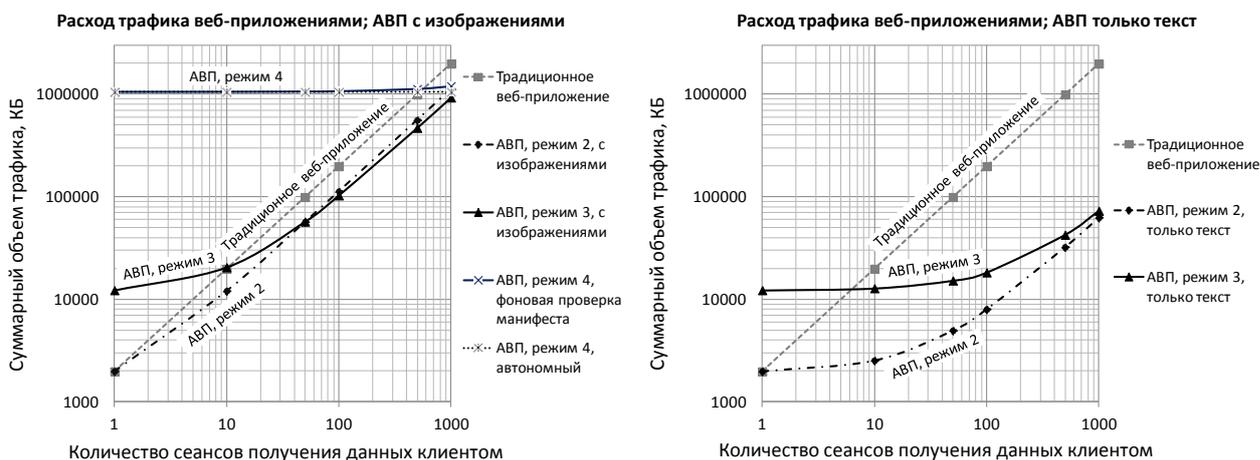


Рис. 2. Суммарный расход трафика АВП от числа сеансов, включая инициализацию

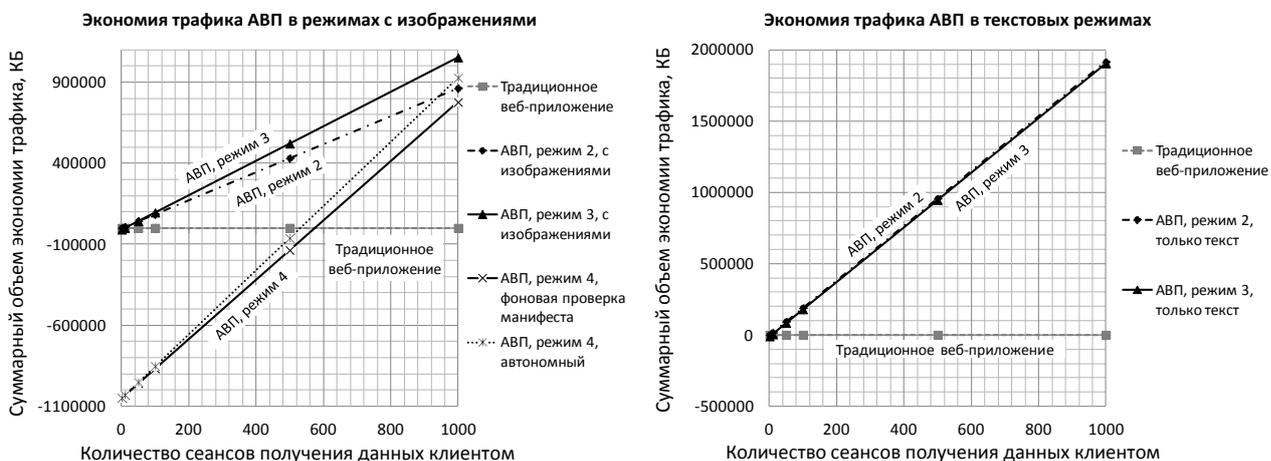


Рис. 3. Суммарная экономия трафика АВП от числа сеансов, включая инициализацию

Суммарная экономия трафика АВП по сравнению с традиционным веб-приложением возрастает пропорционально количеству сеансов работы пользователя с данными ЕТРИС ДЗЗ, а суммарный расход трафика снижается.

### Уменьшение времени загрузки страниц

Это становится возможным благодаря первичной инициализации на стороне клиента постоянного локального хранилища получаемых с сервера данных

$C^{пост.прил}$ , что происходит автоматически при первом запуске АВП. Время первичной инициализации  $C^{пост.прил}$  варьируется в зависимости от  $V_C$ ,  $t_C$  и предполагаемого режима работы локального кэша (рис. 4).

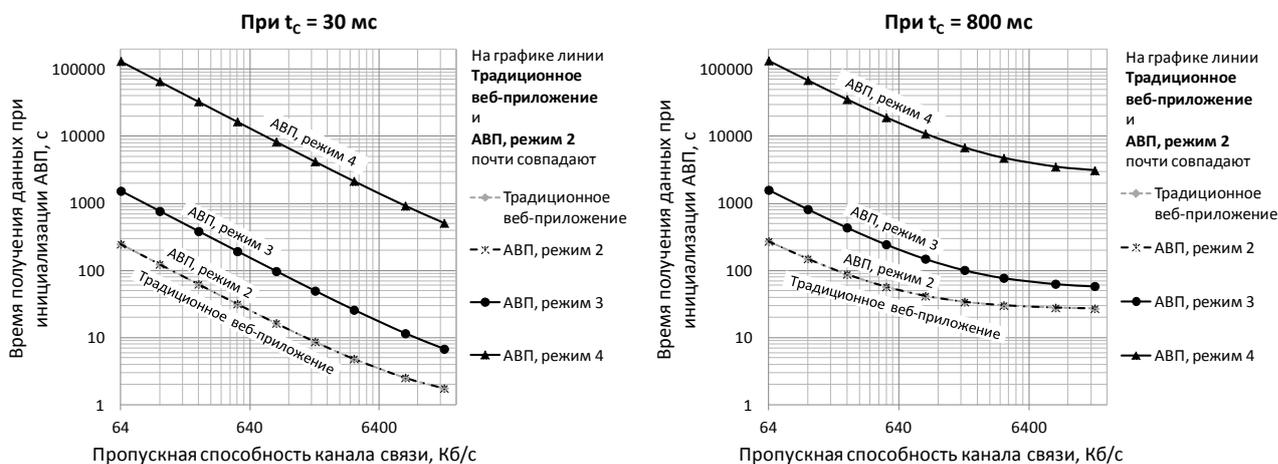


Рис. 4. Время инициализации  $C^{пост.прил}$  АВП от пропускной способности  $V_C$  канала передачи данных при  $t_C = 30$  мс и при  $t_C = 800$  мс

Учитывая большой объем предварительно загружаемых данных АВП, первый запуск такого приложения рекомендуется осуществлять при сетевом подключении с большой пропускной способностью  $V_C$  и минимальным временем отклика сервера  $t_C$ . После инициализации  $C^{пост.прил}$  количество запросов к серверу и объем загружаемых с сервера данных уменьшается, благодаря чему время открытия страниц АВП становится меньше по сравнению с традиционным веб-приложением (на рис. 5 это показано для средней веб-страницы по данным HTTP Archive).

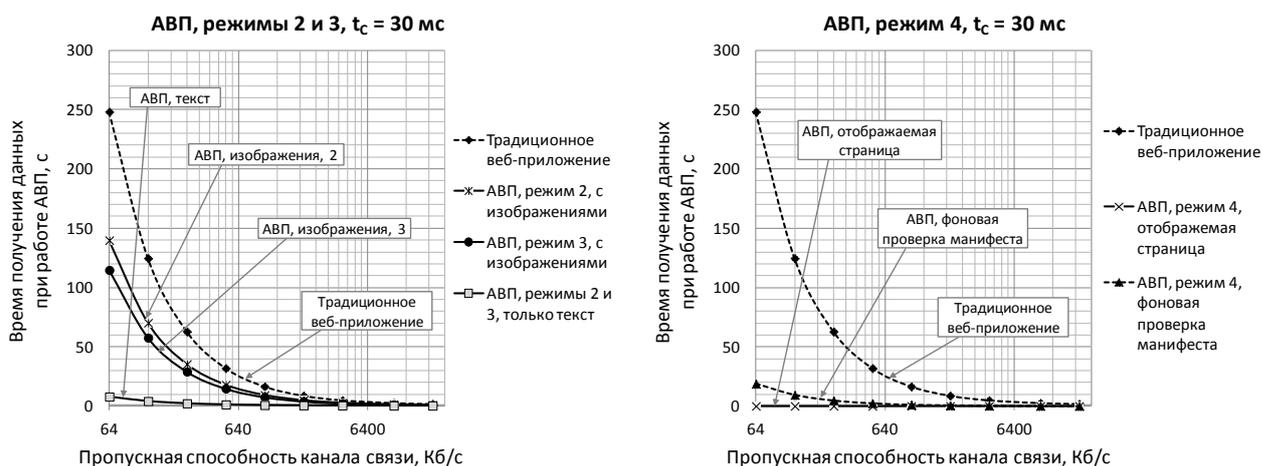


Рис. 5. Время получения данных с сервера традиционным веб-приложением и АВП

при работе с использованием данных из  $C^{пост.прил}$

Видно, что использование АВП позволяет значительно ускорить загрузку страниц веб-приложений клиентом за счет постоянного локального хранения части повторно загружаемых данных. Численные значения экономии времени загрузки страниц АВП зависят от режима работы  $C^{пост.прил}$ :

- АВП, режим 2, с изображениями – до 44%,
- АВП, режим 3, с изображениями – до 54%,
- АВП, режимы 2 и 3, только текст – до 97%,
- АВП, режим 4 отображает страницу мгновенно, а после этого загружает файл манифеста кэша, поэтому экономия времени загрузки именно страниц – до 100%.

Предлагаемые АВП наиболее применимы и эффективны в случаях, когда пользователь продолжительное время работает с повторно используемыми наборами данных. Разница становится особенно заметной на загруженных каналах связи с малой пропускной способностью.

## Уменьшение суммарного времени отправки введенных данных

Суммарные затраты времени на отправку введенных данных на сервер и получение подтверждения при использовании АВП меньше, чем при использовании традиционного веб-приложения (рис. 6).

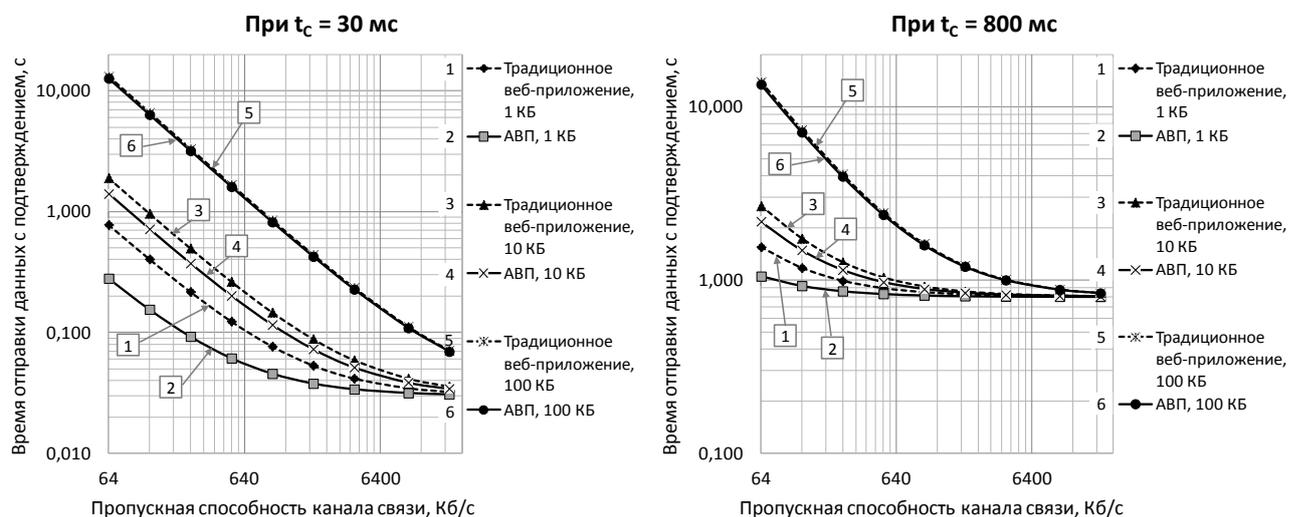


Рис. 6. Время передачи с подтверждением введенных данных на сервер традиционным веб-приложением и АВП с резервированием

Результаты уменьшения времени загрузки данных с сервера и суммарного времени доставки введенных данных на сервер с получением подтверждения, достигаемые при использовании АВП сохраняются на любых беспроводных и проводных каналах связи.

Разработанный программный комплекс АВП, реализующий предложенный метод, состоит из программных модулей [9,10], которые позволяют осуществлять аварийное резервирование вводимых пользователем данных и их отправку на сервер при восстановлении соединения, установку, автономную работу, обновление и удаление клиентской части АВП, а также управление ее конфигурацией с сервера системы.

Проведенное тестирование по предложенной методике тестирования [11] позволяет сделать вывод о возможности безошибочного перехода от традиционного веб-приложения к АВП.

### **Выводы**

В работе показано, что за счет использования современных технологий и стандарта HTML5 возможно создание нового типа веб-приложения – АВП, которое позволяет повысить доступность информации и расширить множество возможных терминальных устройств для ЕТРИС ДЗЗ.

Разработан метод функционирования АВП в качестве клиентского приложения ЕТРИС ДЗЗ для обеспечения автономной работы с полученными с сервера данными, автоматического аварийного резервирования вводимых пользователем данных и поддержки различных клиентских платформ.

Данное решение распространяется, в первую очередь, на мобильные устройства, для которых особенно актуальна возможность резервирования вводимых пользователем данных для достижения отказоустойчивости и возможность автономной работы.

Построены и проанализированы модели оценки экономии трафика, ускорения загрузки страниц, снижения загрузки каналов передачи данных и повышения отказоустойчивости АВП по сравнению с традиционным веб-приложением.

Показаны преимущества разработанного АВП перед традиционным веб-приложением.

Разработаны алгоритмы и на их основе созданы клиентские и серверные компоненты для модернизации традиционного веб-приложения до АВП с учетом необходимости поддержки стандартных веб-браузеров различных клиентских платформ.

Предложена методология модернизации существующего традиционного веб-приложения до АВП и его тестирования для обеспечения безошибочной интеграции разработанных компонентов с любыми существующими веб-приложениями для работы с данными ДЗЗ, применяемыми в решении различных задач, общее число которых достигает нескольких десятков и включает в себя картографию, охрану природы, составление кадастров, инвентаризацию посевов, контроль хода производственных процессов в сельском хозяйстве и других отраслях природопользования, прогноз урожая, выявление заболеваний и распространения насекомых-вредителей на лесных угодьях и сельскохозяйственных территориях, информационное обеспечение поиска полезных ископаемых, слежение за процессами урбанизации, подготовку строительства и прокладки транспортных магистралей и т.д [2].

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках  
научного проекта №14-08-01028а.*

## Библиографический список

- 1.Коптев Ю.Н., Алавердов В.В., Бодин Б.В. Исследования по истории и теории развития авиационной и ракетно-космической науки и техники. URL: <http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/issled-po-istor/issl8-10/01.html>
- 2.Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года. URL: <http://www.gisa.ru/file/file766.doc>
- 3.Сервис космических снимков. Режим доступа: <http://gptl.ru/>
- 4.HTML5. A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML. W3C Recommendation, 28 October 2014. URL: <http://www.w3.org/TR/html5>
- 5.HTML5. A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML. W3C Recommendation, 28 October 2014. Offline Web applications. URL: <http://www.w3.org/TR/html5/browsers.html#offline>
- 6.Web Storage, URL: <http://www.w3.org/TR/webstorage/#the-localstorage-attribute>
- 7.Департамент информационных технологий города Москвы. Сети сотовой подвижной связи. Методика проведения оценочных испытаний и нормы на показатели качества услуг связи стандарта GSM/GPRS/EDGE/UMTS  
URL: [http://dit.mos.ru/signal/documents/Методика\\_июнь\\_2013.pdf](http://dit.mos.ru/signal/documents/Методика_июнь_2013.pdf)
- 8.Департамент информационных технологий совместно с Роскомнадзором подвели итоги измерений качества сотовой связи в пилотной зоне Москвы. URL: <http://dit.mos.ru/presscenter/news/detail/799428.html>

9.Гинзбург И.Б. Концепция построения распределенных систем информационной поддержки технического обслуживания аэрокосмической техники с использованием функционально насыщенных веб-клиентов // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. №5. С. 159-161.

10.Гинзбург И.Б. Состав и архитектура взаимодействия модулей функционально насыщенного автономного веб-приложения для распределенных систем информационной поддержки различных этапов жизненного цикла аэрокосмической техники // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. №6. С. 130-133.

11.Гинзбург И.Б. Методика тестирования автономных веб-приложений для систем обработки космической информации // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития современной науки и образования», Москва, 30 апреля 2015. С. 55–56.