

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

УДК 004.415.53

*На правах рукописи*

**ЛОСЬ**  
**Никита Александрович**

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ  
ТЕСТИРОВАНИЯ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание степени  
магистра техники и технологий

по специальности 1-39 81 01 – Компьютерные технологии  
проектирования электронных систем

Минск 2019

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ИОНИН Виктор Сергеевич**  
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **РУДИКОВА Лада Владимировна**  
кандидат физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой «Технологии программирования» учреждения образования «Гродненский Государственный университет имени Янки Купалы»

Защита диссертации состоится «26» июня 2019 г. года в 11<sup>00</sup> часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 408, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## ВВЕДЕНИЕ

Современные *Web*-приложения обладают широкими функциональными возможностями, что в значительной степени увеличивает количество ошибок и дефектов в программном коде, а также время, затрачиваемое на тестирование. Кроме того, большинство *Web*-приложений создаются в соответствии с гибкими итеративными методологиями разработки, которые, в свою очередь, предполагают многочисленные, повторяющиеся этапы тестирования. Особое значение имеет регрессионное тестирование, направленное на обнаружение ошибок в уже проверенных участках программного кода. В условиях, ограниченных человеческими, временными и финансовыми ресурсами возникает потребность в автоматизации процессов тестирования.

Необходимо также учитывать, что тестирование *Web*-приложений помимо поиска ошибок и дефектов в программном коде должно выполнять целый спектр таких задач как составление отчётности, тестирование на машинах с различными конфигурациями, удалённый запуск тестов, участие в процессе непрерывной интеграции, кроссбраузерное и нагрузочное тестирование. Решение вышеперечисленных задач, а также многочисленные и постоянные изменения в программном коде тестируемых *Web*-приложений в ходе разработки, продиктованные гибкими методологиями, осложняют внедрение автоматизации тестирования в процесс разработки.

На сегодняшний день на рынке программного обеспечения существует ряд инструментов и программных средств, нацеленных на автоматизацию процесса тестирования. Однако, исследования, выполненные многими специалистами в сфере информационных технологий, выявили недостаточную эффективность существующих в области тестирования средств и методов автоматизации, особенно в применении их к *Web*-приложениям в виду присутствия сложности автоматизации тестирования графического интерфейса пользователя, который представлен в качестве *Web*-страниц.

В данной работе на основе анализа существующих концепций, методов и средств автоматизации тестирования, а также тенденций развития технологий предложены новые методы разработки автоматизированных тестов и созданы необходимые средства программной поддержки, способные решать задачи автоматизации тестирования *Web*-приложений. Разработанные методы отличаются высокой эффективностью автоматизированных тестов, универсальностью в применении и относительно низкой трудоемкостью внедрения процесса автоматизации тестирования.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## **Актуальность темы исследования**

Автоматизация тестирования является актуальной задачей в контексте разработки *Web*-приложений. Это обусловлено, в первую очередь, тем, что большинство современных *Web*-приложений создаются в соответствии с гибкими методологиями разработки программного обеспечения, которые требуют многократных повторяющихся циклов тестирования. Во-вторых, процесс тестирования является неотъемлемым и напрямую влияет на качество программного продукта и стоимость его разработки. Эти факторы обуславливают актуальность исследования методов и средств автоматизации тестирования для создания программного продукта, который бы мог быть использован с целью внедрения эффективной автоматизации тестирования в проекты, на которых она до этого не применялась.

## **Степень разработанности проблемы**

Существенный вклад в области изучения проблем автоматизации тестирования внесли многие учёные и эксперты: С. Куликов, Р. Савин, Р. Блэк, Д. Уиттакер, Э. Дастин, Д. Арбон [1-4]. Также существует ряд инструментов для автоматизации тестирования, которые являются открытым программным обеспечением, такие как *Selenium Project*, *Junit*, *ReportNG*, *TestNG*.

Существующие инструменты автоматизации тестирования являются узконаправленными и используются для определённых задач.

Предложенное исследование направлено на устранение этого недостатка на основе разработки универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений с использованием различных методов, средств и инструментов.

## **Цель и задачи исследования**

Цель диссертационной работы состоит в исследовании различных методов и средств автоматизации тестирования *Web*-приложений для разработки универсальной среды автоматизации, которая бы позволила сократить трудоёмкость тестирования.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие основные задачи:

1. Провести анализ известных подходов к автоматизации тестирования *Web*-приложения.
2. Разработать методы универсальной среды тестирования *Web*-приложений, обеспечивающей сокращение трудоёмкости тестирования.
3. Провести экспериментальные исследования и апробацию разработанных методов автоматизации.

## **Область исследования**

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

## **Теоретическая и методологическая основа исследования**

Основой данной работы является анализ существующих подходов, требований, программных средств и инструментов, предназначенных для автоматизации тестирования *Web*-приложений.

*Информационная база* исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, предоставляемой разработчиками программных средств, технических нормативно-правовых актов, сведений из ресурсов Интернет, а также материалов научных изданий, конференций и семинаров.

## **Научная новизна**

*Научная новизна* работы заключается в разработке нового подхода к вопросам организации процесса автоматизации тестирования, который является универсальным в применении к различным *Web*-приложениям.

*Теоретическая значимость* работы заключается в том, что разработанные методы автоматизации тестирования *Web*-приложений могут быть использованы при проектировании инструментов и средств, предназначенных для автоматизации тестирования.

*Практическая значимость* работы заключается в том, что использование методов универсальной среды тестирования *Web*-приложений позволит ввести эффективную автоматизацию тестирования *Web*-приложений на проектах, где она раньше не применялась.

## **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Анализ существующих средств и подходов к автоматизации тестирования *Web*-приложений, с целью формирования требований для создания среды автоматизации.
2. Методы и средства универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений, позволяющие внедрить эффективную автоматизацию тестирования на проектах, на которых она до этого не применялась.
3. Экспериментальная проверка разработанной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений.

## **Публикации**

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 8 печатных работах. В их числе 6 работы опубликованы в сборниках материалов научных конференций и 2 тезиса приняты к опубликованию.

## **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений.

**В первой главе** была раскрыта сущность процесса тестирования, определено место тестирования в различных методологиях разработки *Web*-приложений. Были рассмотрены особенности внедрения автоматизации тестирования *Web*-приложений, а также был проведён аналитический обзор существующих средств и подходов к автоматизации тестирования *Web*-приложений. На основе этого анализа были сформулированы требования к возможностям универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений.

**Во второй главе** была разработана архитектура универсальной среды автоматизации *Web*-приложений. Также были разработаны основные классы и методы, обеспечивающие автоматизацию тестирования. Было приведено обоснование выбора методов, средств и технологий, которые стали основой разработанного программного средства.

**В третьей главе** была проведена практическая апробация разработанной универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений, результаты которой показали, что автоматизация тестирования является более эффективной по сравнению с ручным тестированием, а её внедрение может быть максимально упрощено благодаря разработанному программному средству.

Общий объем диссертационной работы составляет 95 страницы. Из них 65 страниц основного текста, 23 иллюстрации на 15 страницах, 1 таблица на 1 странице, библиографический список из 54 наименований на 5 страницах, список собственных публикаций соискателя из 8 наименований на 1 странице, 4 приложения на 20 страницах.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблем тестирования и автоматизации тестирования *Web*-приложений, а также представлено обоснование актуальности темы диссертации.

В **общей характеристике** работы показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований.

**В первой главе** раскрыта сущность процесса тестирования. Рассмотрены такие подходы к классификации тестирования как:

- по цели тестирования;
- по знанию внутреннего строения системы;
- по уровню тестируемого компонента;
- по степени автоматизации.

Приведены преимущества и недостатки внедрения автоматизации тестирования, а также обоснование необходимости автоматизации тестирования в процессе разработки.

Описано место тестирования в рамках различных традиционных и гибких методологиях разработки *Web*-приложений. Сделан вывод о том, что на данный момент наиболее актуальными являются гибкие методологии разработки, что делает актуальным процесс автоматизации тестирования в виду большого объёма регрессионных тестов.

Рассмотрены особенности внедрения автоматизации тестирования *Web*-приложений такие как:

- характеристики тестов, подходящих для автоматизации;
- внедрение автоматизации на различных уровнях тестирования;
- автоматизация как часть процесса непрерывной интеграции;
- автоматизация тестирования *Web*-приложений с помощью графического интерфейса пользователя.

Произведён анализ существующих средств и подходов к автоматизации тестирования *Web*-приложений. На основе этого анализа, а также на основе особенностей внедрения автоматизации тестирования были сформированы требования к возможностям универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений такие как:

- возможность создавать автоматизированные тесты для различных уровней тестирования: модульный, функциональный, тестирование с помощью пользовательского интерфейса;
- возможность получать подробную отчётность по итогам тестирования;
- возможность гибкой конфигурации среды;
- затраты на добавление новых тестов должны быть как можно меньше;
- автоматизированные тесты должны иметь возможность выполняться в различных браузерах;
- смена браузера не должна требовать создание нового теста;
- отчетность должна генерироваться автоматически;
- среда тестирования должна учитывать процессы непрерывной интеграции и быть их частью;
- среда должна позволять параллельный запуск тестов в разных браузерах.

Во второй главе произведён выбор и обоснование применения технологий, которые будут основой разрабатываемой универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений. В качестве технологии запуска тестов была выбрана программная библиотека *TestNG*, в качестве технологии позволяющий автоматизировать работу с *Web*-браузером – *Selenium WebDriver*, а в качестве технологии позволяющей автоматизировать создание отчётности по итогам тестирования – *ReportNG*. Были описаны архитектура и принципы работы вышеперечисленных программных библиотек.

Разработана архитектура универсальной среды автоматизации *Web*-приложений, которая изображена на рисунке 1 и состоит из следующих уровней:

- уровень тестов;
- уровень доступа к *Web*-странице;
- уровень программного интерфейса для *Selenium WebDriver*.

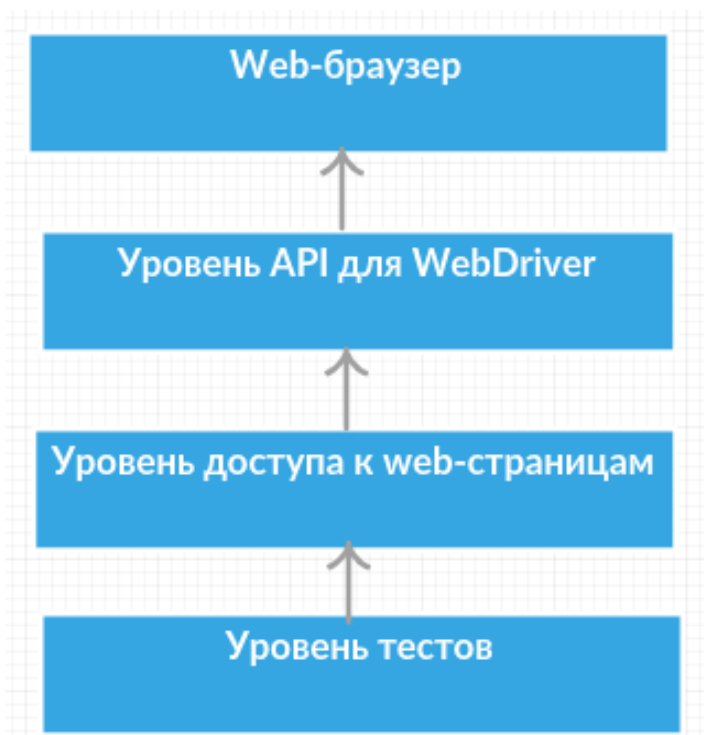


Рисунок 1 – Диаграмма уровней архитектуры универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений

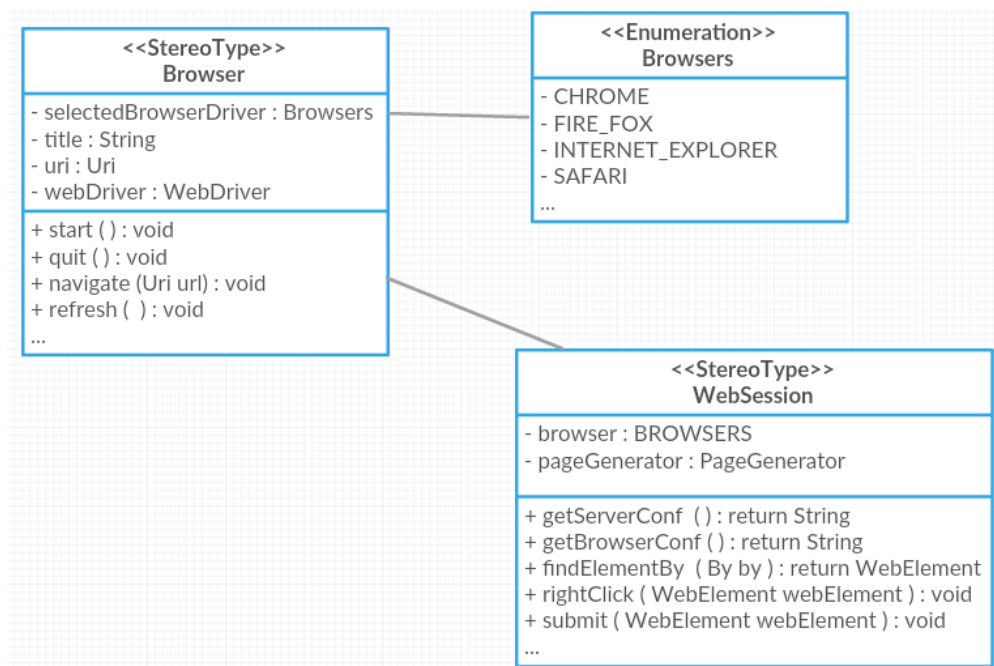
Уровень доступа к *Web*-странице, содержит программный код, используемый для доступа к отдельным *Web*-страницам. Каждая страница должна инкапсулировать методы, которые описывают функциональность данной страницы.

Уровень тестов содержит классы всех тестов, а также данные, которые подаются на вход тестам.

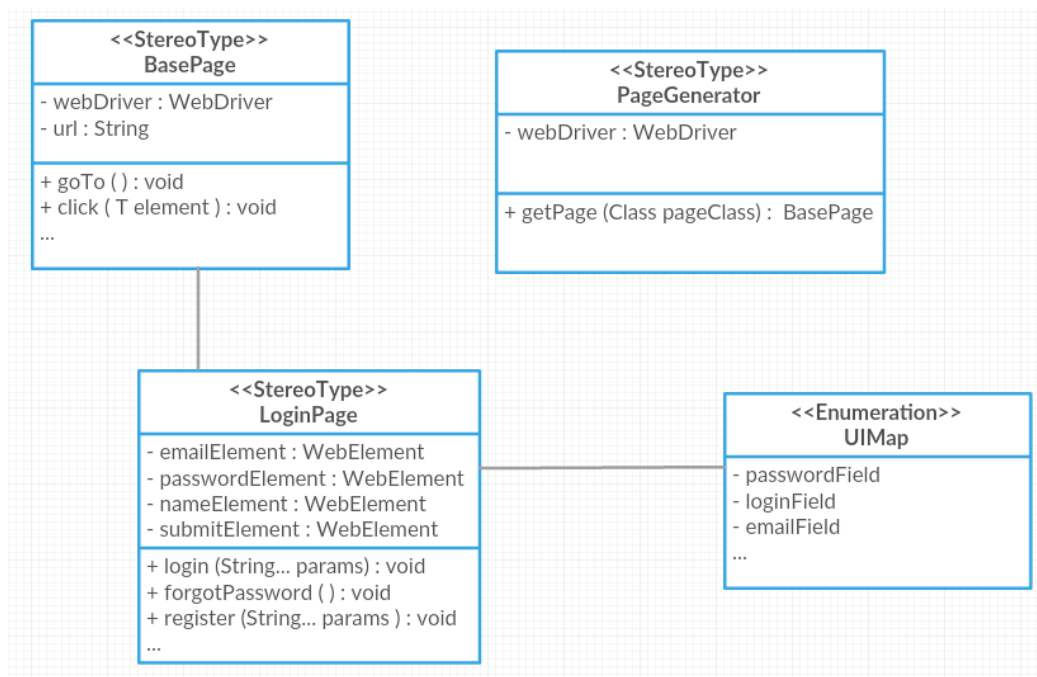


Методы уровня тестов вызывают методы уровня доступа к *Web*-странице которые в свою очередь обращаются к программному интерфейсу для *Selenium WebDriver*, который управляет браузером.

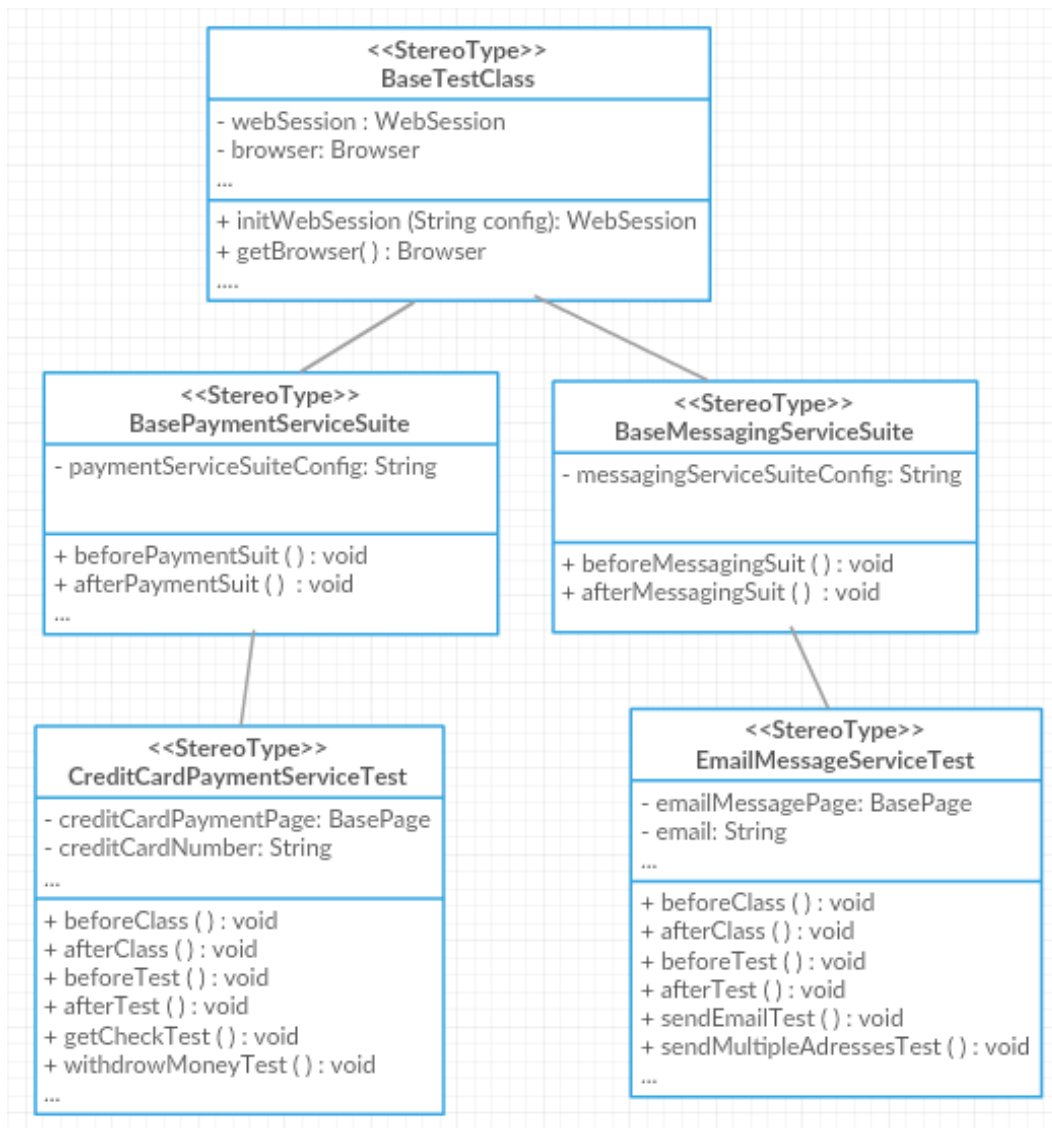
Также были разработаны основные классы и методы, обеспечивающие автоматизацию взаимодействия *Web*-приложения с *Web*-браузером и автоматизацию выполнения тестов (рисунки 2-4).



**Рисунок 2 – Базовые классы API для взаимодействия с Selenium WebDriver**



**Рисунок 3 – Базовые классы уровня доступа к Web-страницам**



**Рисунок 4 – Иерархия базовых классов уровня тестов**

Созданный *API* для взаимодействия с *Selenium WebDriver* соответствует объектно-ориентированному подходу, что позволит избежать дублирование программного кода, а также будет более простым в использовании для неопытных тестировщиков.

Архитектура уровня доступа к веб-страницам позволит инкапсулировать функциональность и элементы каждой веб-страницы в отдельном классе. Функциональности и элементы присущие всем страницам будут вынесены в базовый класс. Всё это позволит разгрузить классы-тесты, которые будут использоваться для получения страницы и взаимодействия с её элементами.

Разработаны методы, обеспечивающие автоматизацию анализа результатов выполнения тестов, с помощью программной библиотеки *ReportNG*. Также были приведены различные способы конфигурации и сборки проекта универсальной среды автоматизации. Была описана архитектура системы непрерывной

интеграции (рисунок 5), которая включает процесс автоматизации тестирования *Web*-приложений.

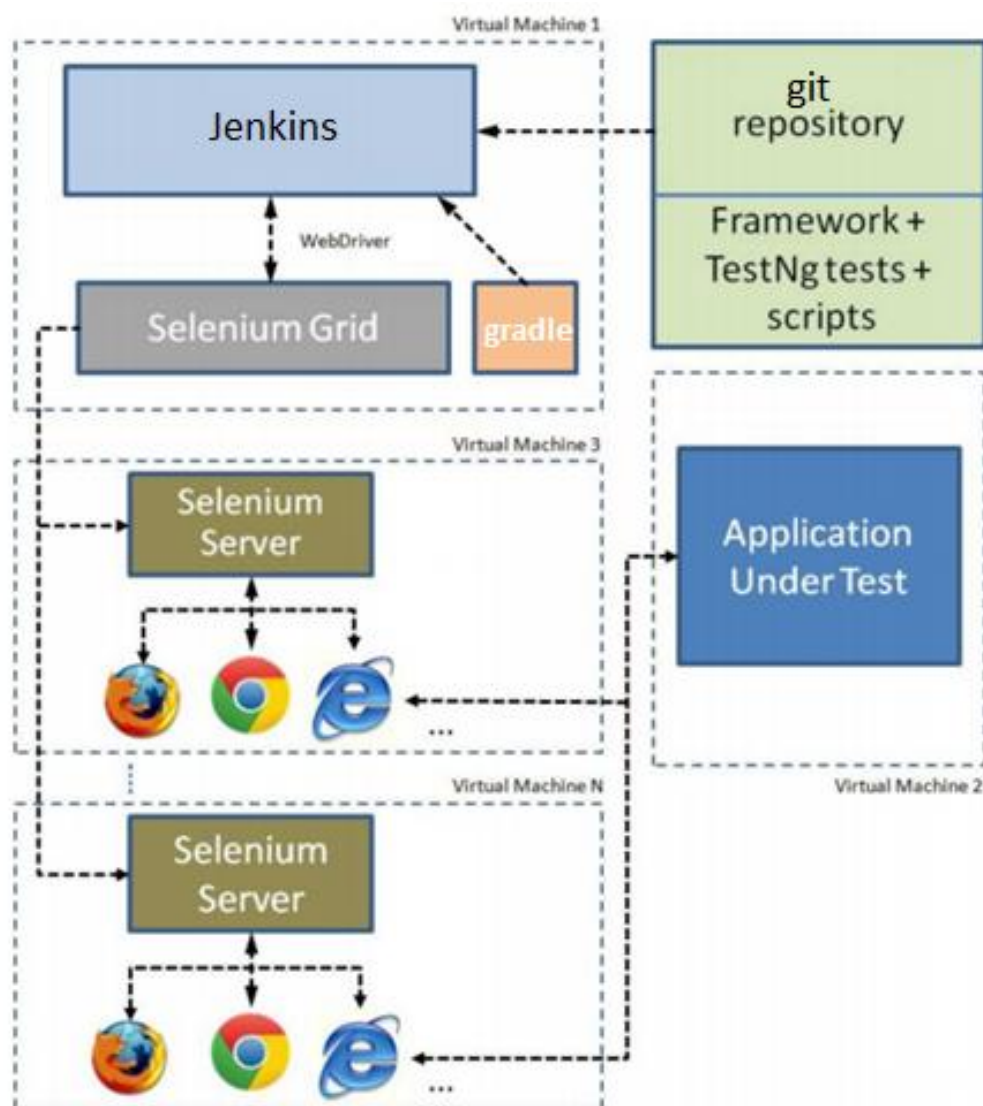


Рисунок 5 – Архитектура системы непрерывной интеграции

В третьей главе приведена структура классов и способ распространения универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений с помощью Jar-файла. Были описаны шаги по внедрению разработанной среды, а также алгоритм, описывающий работу с средой тестирования.

Произведена практическая апробация разработанных методов автоматизации тестирования *Web*-приложений с применением универсальной среды тестирования. Результаты практический исследований показали, что автоматизация тестирования является более эффективной по сравнению с ручным тестированием, а её внедрение может быть максимально упрощено благодаря разработанной универсальной среды тестирования *Web*-приложений.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Раскрыта сущность процесса тестирования, определено место тестирования в различных методологиях разработки *Web*-приложений. Были рассмотрены особенности внедрения автоматизации тестирования *Web*-приложений, а также был проведён аналитический обзор существующих средств и подходов к автоматизации тестирования *Web*-приложений. На основе этого анализа были сформированы требования к возможностям универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений.

2. Разработана архитектура универсальной среды автоматизации *Web*-приложений. Также были спроектированы основные классы и методы, обеспечивающие автоматизацию тестирования. Было приведено обоснование выбора методов и средств, которые стали основой разработанного программного средства.

3. Проведена практическая апробация разработанной универсальной среды автоматизации тестирования *Web*-приложений, результаты которой показали, что автоматизация тестирования является более эффективной по сравнению с ручным тестированием, а её внедрение может быть максимально упрощено благодаря разработанному программному средству.

Разработанная универсальная среда автоматизации тестирования *Web*-приложений соответствует выдвинутым к ней требованиям и может быть использована для внедрения эффективной автоматизации тестирования на проектах, на которых она до этого не применялась.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно–компьютерных систем учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники” в учебный курс «Языки программирования».

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ**

1. Лось, Н.А. Автоматизация тестирования *Web*-приложений с использованием Selenium WebDriver / Н.А. Лось, А.А. Ярошенко, В.Ф. Алексеев // материалы 13-ой международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, РТ – 2017», Севастополь, Российская Федерация / УО «Севастопольский государственный университет». – Севастополь, 2017. – С. 250.

2. Ярошенко, А.А. Особенности обеспечения безопасности в программном средстве Docker / А.А. Ярошенко, Н.А. Лось, Г.А. Пискун // материалы 13-ой

международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, РТ – 2017», Севастополь, Российская Федерация / УО «Севастопольский государственный университет». – Севастополь, 2017. – С. 296.

3. Лось, Н.А. Автоматизация тестирования REST сервисов с помощью REST Assured / Н.А. Лось, А.А. Ярошенко, В.С. Ионин // материалы 54-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 23–27 апреля 2018 г. / УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». – Минск, 2018. – С.74–75.

4. Ярошенко, А.А. Сетевые решения Docker / А.А. Ярошенко, Н.А. Лось, Г.А. Пискун // материалы 54-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 23–27 апреля 2018 г. / УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». – Минск, 2018. – С.113.

5. Лось, Н.А. Автоматизация модульного тестирования Web-приложений с помощью программных библиотек xUnit / Н.А. Лось, А.А. Ярошенко, В.Ф. Алексеев // материалы 3-ей международной открытой конференции «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложения в технике и технологиях», Воронеж, Российская Федерация, 17-19 октября 2018 г. / УО «Воронежский государственный лесотехнический университет». – Воронеж, 2018. – С. 226.

6. Ярошенко, А.А. Оптимизация образов Docker / А.А. Ярошенко, Н.А. Лось, Г.А. Пискун // материалы 3-ей международной открытой конференции «Современные проблемы анализа динамических систем. Приложения в технике и технологиях», Воронеж, Российская Федерация, 17-19 октября 2018 г. / УО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – Воронеж, 2018. – С. 428.

7. Лось, Н.А. Автоматизация тестирования Web-приложений как часть процесса Continuous Integration / Н.А. Лось, А.А. Ярошенко, В.Ф. Алексеев // материалы 55-ой юбилейной науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 23–27 апреля 2019 г. / УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». – Минск, 2019. – С.74–75.

8. Ярошенко, А.А. Основные абстракции оркестратора Kubernetes / А.А. Ярошенко, Н.А. Лось, Г.А. Пискун // материалы 55-ой юбилейной науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов «Проектирование информационно-компьютерных систем», Минск, Респ. Беларусь, 23–27 апреля 2019 г. / УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». – Минск, 2019. – С.74–75.

## РЭЗІЮМЭ

Лось Мікіта Аляксандравіч

### Метады і сродкі аўтаматызацыі тэставання Web-прыкладанняў

**Ключавыя словы:** Web-дадатак, аўтаматызацыя тэсціравання, распрацоўка праграмнага забеспячэння.

**Мэта працы:** скарачэнне працаёмкасці тэставання Web-прыкладанняў за кошт ўкаранення універсальнага асяроддзя аўтаматызацыі тэставання Web-прыкладанняў.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** выкананы аналіз метадаў і сродкаў аўтаматызацыі тэставання Web-прыкладанняў. Вызначаны патрабаванні для універсальнай асяроддзя аўтаматызацыі тэставання Web-прыкладанняў.

Распрацавана архітэктурна і метады універсальнага асяроддзя тэставання Web-прыкладанняў, якая забяспечвае ўкараненне аўтаматызацыі тэставання. Праведзена эксперыментальная праверка прыдатнасці распрацаваных метадаў.

**Ступень выкарыстання:** вынікі ўкаранены ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм ўстанова адукацыі "Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі".

**Вобласць ужывання:** распрацоўка і тэставанне праграмнага забеспячэння.

## РЕЗЮМЕ

**Лось Никита Александрович**

### **Методы и средства автоматизации тестирования Web-приложений**

**Ключевые слова:** Web-приложение, автоматизация тестирования, разработка программного обеспечения.

**Цель работы:** сокращение трудоёмкости тестирования Web-приложений за счёт внедрения универсальной среды автоматизации тестирования Web-приложений.

**Полученные результаты и их новизна:** выполнен анализ методов и средств автоматизации тестирования Web-приложения. Определены требования для универсальной среды автоматизации тестирования Web-приложений

Разработана архитектура и методы универсальной среды тестирования Web-приложений, обеспечивающей внедрение автоматизации тестирования. Проведена экспериментальная проверка пригодности разработанных методов.

**Степень использования:** результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно–компьютерных систем учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники”.

**Область применения:** разработка и тестирование программного обеспечения.

## SUMMARY

**Los Nikita Aleksandrovich**

### **Methods and tools for Web applications test automation**

**Keywords:** Web application, test automation, software development.

**The object of study:** reducing the complexity of Web-based applications testing through the introduction of a universal test automation environment for Web-based applications.

**The results and novelty:** the analysis of methods and tools for Web applications test automation was performed. Requirements for a universal test automation environment for Web-based applications were defined.

The architecture and methods of a universal test automation environment have been developed, ensuring the implementation of test automation. Experimental tests of the efficiency of the developed methods were conducted.

**Degree of use:** the results were introduced into the educational process at the department of information and computer-aided systems design of the educational institution “Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics”.

**Sphere of application:** software development and testing.