

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СТАНЦИИ

ISSN 0201-4564

2016 1

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Об итогах подготовки субъектов электроэнергетики к прохождению осенне-зимнего периода 2015/16 г.

## АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Культура безопасности и её связь с национальной культурой и культурой организации

## ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Тепловые испытания газотурбинных установок LMS100 на Джубгинской ТЭС

Экспериментальное исследование внутриканальной сепарации в плоском пакете сопловых турбинных лопаток в потоке влажного пара

Технология электроискрового легирования для повышения ресурса рабочих лопаток паровых турбин и оборудование для её реализации

## ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Программа выбора сечения кабеля в токовых цепях релейной защиты

## ОБОРУДОВАНИЕ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Деаэратор повышенного давления для энергоблока 300 МВт

О контроле подступовой изоляции и масляной плёнки подшипников турбогенераторов

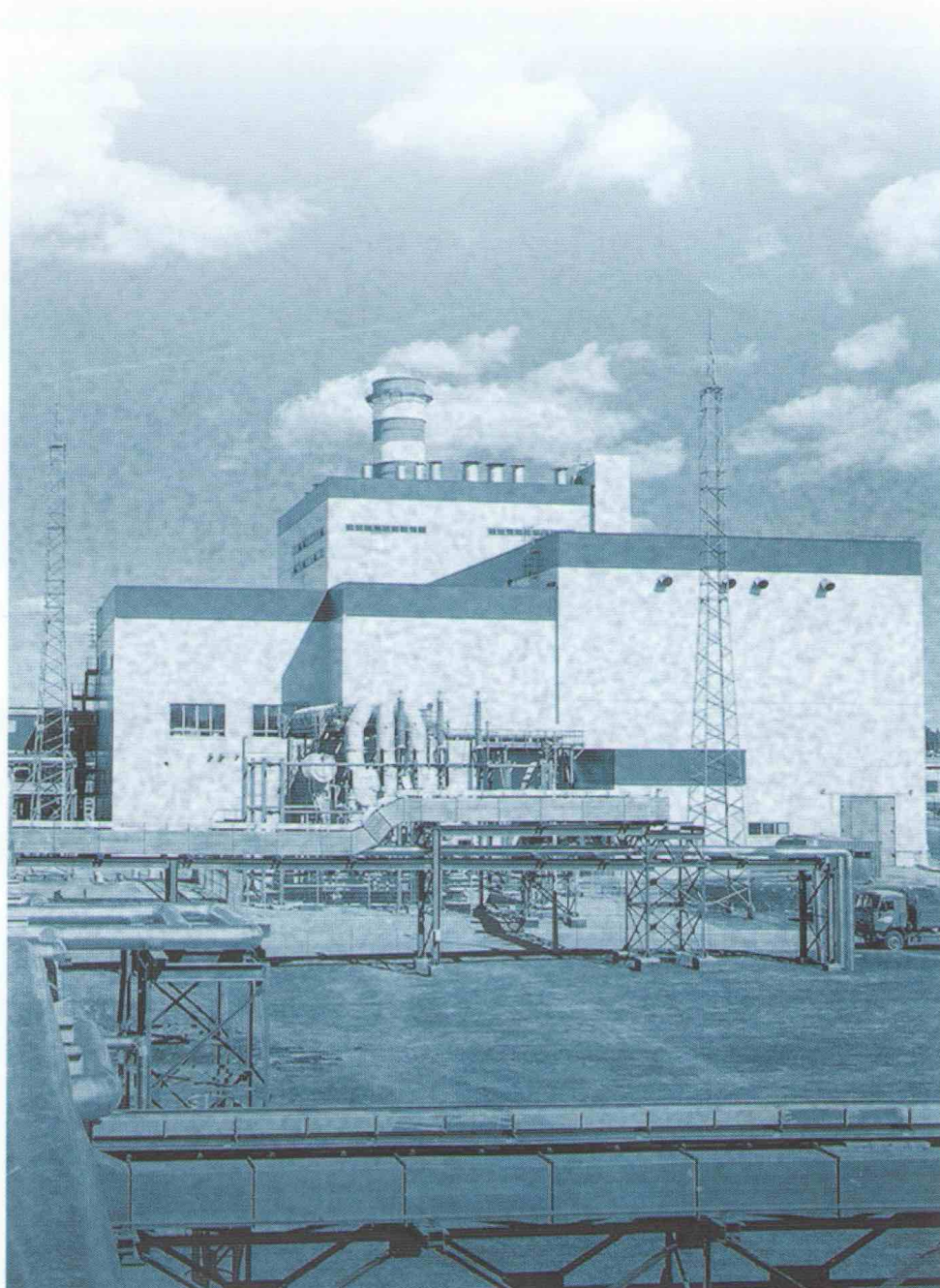
Диагностирование переключающего устройства трансформатора

## ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО РЕГИОНОВ

Энергообеспечение Республики Тыва

## ХРОНИКА

Новости электротехнических и электроэнергетических компаний



## Программа выбора сечения кабеля в токовых цепях релейной защиты

- **Рыбалкин А. Д.**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова, Ростовская обл., г. Новочеркасск
- **Иванченко А. Н.**, канд. техн. наук, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова, Ростовская обл., г. Новочеркасск
- **Шурупов А. А.**, канд. техн. наук, ООО "НПП "ЭКРА", г. Чебоксары

Выбор нагрузки на трансформаторы тока по кривым предельных кратностей в современной практике не всегда применим, так как порой просто отсутствуют эти кривые, которые должен предоставлять завод-изготовитель. Приводится описание разработанной программы выбора сечения кабеля в токовых цепях релейной защиты, которая позволяет применять и другие известные методы расчёта.

**Ключевые слова:** трансформатор тока, выбор нагрузки, погрешность, ток короткого замыкания, микропроцессорные устройства релейной защиты.

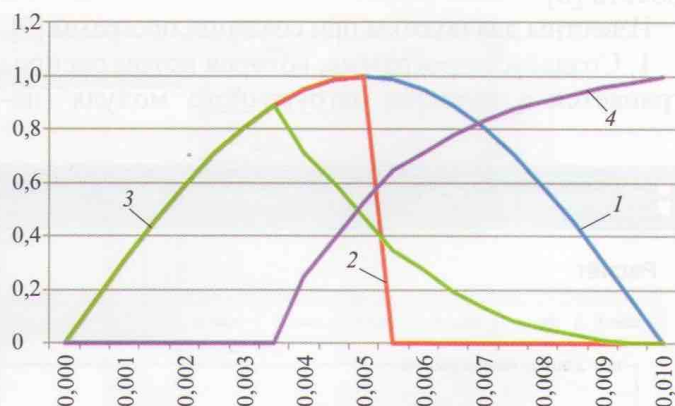
В соответствии с требованиями ГОСТ 7746-2001 [1] производители трансформаторов тока (ТТ) обязаны гарантировать работу ТТ с погрешностью, не больше заданной, при протекании по первичной обмотке ТТ вынужденной составляющей тока короткого замыкания (ТКЗ) с кратностью, не превышающей заданную. При этом все три типа погрешностей, а именно токовая, угловая и полная, вычисляются за время, равное периоду промышленной частоты, т.е. определяются интегральные значения этих величин. Можно показать, что в зависимости от характера нагрузки и относительного содержания свободных составляющих в ТКЗ формы вторичного тока при одном и том же значении токовой погрешности (а также и двух других) будут существенно различаться [2, 3].

На приведённом рис. 1 изображены кривые: тока КЗ при отсутствии свободных составляющих (в токе содержится только вынужденная составляющая), вторичного тока ТТ при различном характере нагрузки (активной и активно-индуктивной) и относительной мгновенной погрешности при учёте кривой намагничивания методом прямоугольной характеристики намагничивания (ПХН), что вполне достаточно для качественного (но не количественного) анализа [3]. На этом рисунке действующие значения обоих вторичных токов одинаковые. Выполним качественный анализ.

Как видно из рис. 1, до момента насыщения ТТ мгновенная погрешность равна нулю. Затем в момент насыщения при активной нагрузке погрешность достигает максимального и равного  $\pm 100\%$

значения и держится до момента выхода ТТ из насыщения. При активно-индуктивной нагрузке в момент насыщения вторичный ток начинает затухать по экспоненциальному закону с постоянной времени вторичной цепи. Реально на практике нагрузка на ТТ всегда носит активно-индуктивный характер, так как даже в случае чисто активной внешней нагрузки присутствует индуктивность вторичной обмотки ТТ. Поэтому по времени входа ТТ в насыщение мгновенная погрешность нарастает и достигает максимума в момент перехода тока КЗ через ноль.

Традиционная практика выбора нагрузки на ТТ сводилась к определению допустимой нагрузки по кривым предельных кратностей [5, 6], которые в свою очередь построены по условию, что полная



**Рис. 1. Ток короткого замыкания и относительная мгновенная погрешность его измерения:**

1 — ток КЗ; 2 — вторичный ток ТТ при активной нагрузке; 3 — вторичный ток ТТ при активно-индуктивной нагрузке; 4 — относительная мгновенная погрешность вторичного тока по отношению к приведённому первичному

<sup>1</sup> Рыбалкин Алексей Дмитриевич: a2610@yandex.ru

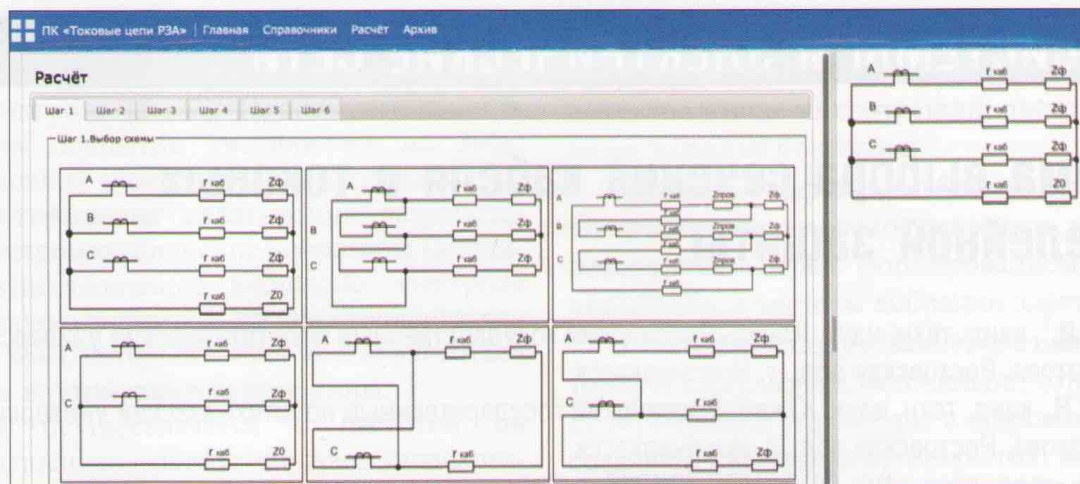


Рис. 2. Выбор схемы соединения ТТ (выбрана схема № 1 – звезда)

погрешность (которую принято обозначать  $\varepsilon$ ) при выбранной по этим кривым нагрузке не превышает 10%, т.е.  $\varepsilon \leq 10\%$ . В настоящее время такой подход не всегда может быть реализован. Во-первых, при проектировании отсутствуют кривые для многих типов ТТ, особенно иностранного производства. Во-вторых, появились предложения применять ТТ с допустимой погрешностью 5%, и эти ТТ уже применяются при проектировании. В этом случае целесообразно для выбора нагрузки применить метод базисных параметров [7].

Проектирование релейной защиты и противоаварийной автоматики электрических станций и подстанций представляет достаточно трудоёмкий процесс, включающий два вида работ:

рутинные работы, которые занимают до 70 – 80% времени;

творческие работы, которые составляют 30 – 20% времени.

Представляется целесообразным рутинную работу алгоритмизировать, разработать для неё компьютерные программы и благодаря внедрению этих программ повысить производительность труда проектировщиков и в целом снизить стоимость проекта [8].

Известны два подхода при создании программ [9].

1. Создаётся программа, которая потом распространяется в качестве загрузочного модуля (на-

стоять приложения), и, если нужно внести в неё изменения, всем пользователям рассылаются файлы. Их пользователи потом самостоятельно вставляют в готовые программы. Такой подход создаёт ряд неудобств, заключающихся в необходимости рассылки файлов и отслеживания ситуации, с тем, чтобы установить, внедрены ли эти изменения или нет. В конечном счёте может оказаться, что у различных пользователей имеются разные версии программы.

2. Современное состояние информационных технологий позволяет предложить другой путь, который избавляет от необходимости рассылать файлы и следить за состоянием программы у пользователей.

С учётом современных тенденций в программной реализации автоматизированных систем проектирования и расчётов можно утверждать, что одним из перспективных направлений при создании таких систем (своеобразным “трендом”) является использование технологии “облачных вычислений”, основанной на применении “облачной платформы”.

Под “облачной платформой” понимается такая архитектура и организация вычислительных процессов, при которой все вычислительные ресурсы и средства управления ими концентрируются в одном месте – мощном вычислительном комплексе компании (центре обработки данных). Доступ к ресурсам осуществляется удалённо через интранет/интернет, что позволяет построить распределённую среду для проектирования, выполнения сложных научно-технических расчётов и обработки данных. При этом все прикладные программы, расположенные на облачной платформе, имеют собственный веб-интерфейс, и пользователи взаимодействуют с ними посредством любого интернет-браузера. Построенные таким образом программы получили название “программа как сервис” (Software as Service или SaaS). Их также называют веб-приложениями.

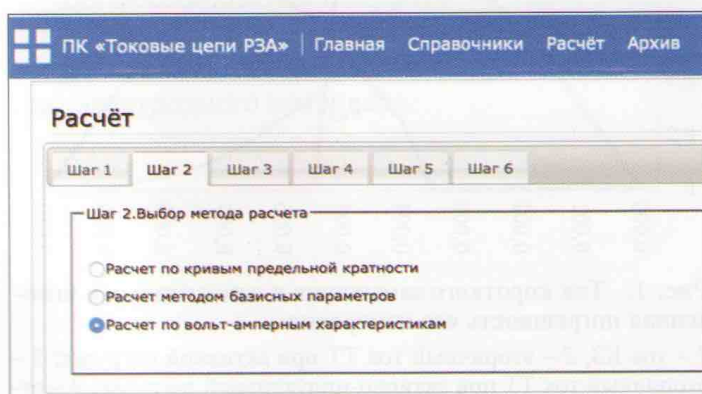


Рис. 3. Интерфейс программы на втором шаге

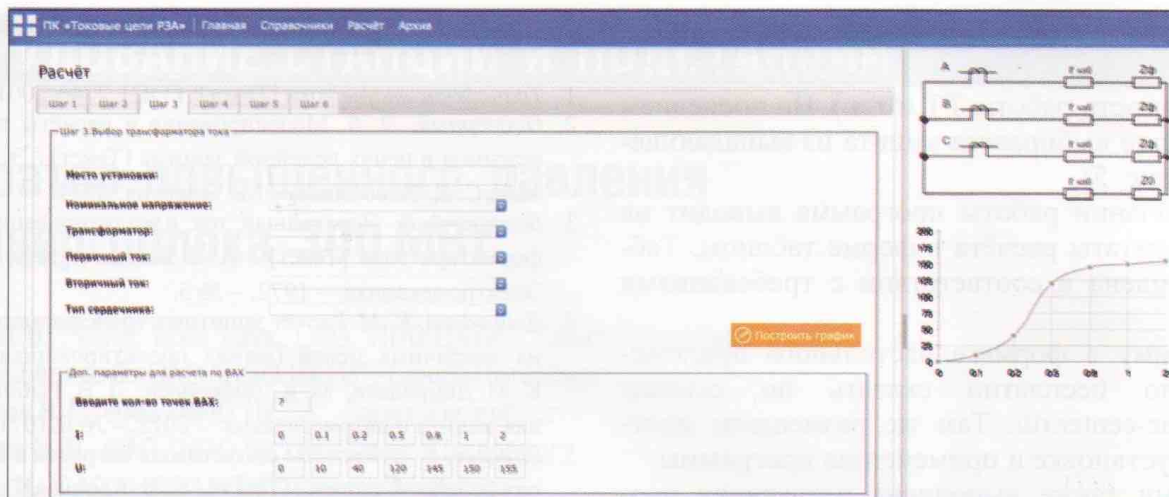


Рис. 4. Ввод исходных данных вольт-амперной характеристики:

внизу слева – таблица; а справа – вольт-амперная характеристика

Внедрение облачной платформы на предприятии позволяет снизить затраты и сократить сроки внедрения систем проектирования и научно-технических расчётов, а также перейти от автоматизации отдельных шагов процессов в виде вызовов различных приложений или расчётных программ к созданию единого информационного пространства для исследовательских, проектных, строительных, монтажных, наладочных и эксплуатационных работ.

Основное преимущество технологии “облачных вычислений” для пользователей заключается в том, что к облачному сервису можно подключиться в любом месте и с любого устройства, имеющего выход в интернет. Кроме того, пользователю не нужно приобретать, скачивать и устанавливать прикладные программы на своём компьютере, отслеживать и постоянно обновлять версии программного обеспечения.

В связи с тем, что в настоящее время применяются обе технологии, авторами реализована программа выбора сечения проводов в токовых цепях релейной защиты как в формате самостоятельной

программы (настольного приложения), так и в формате веб-приложения.

Программа позволяет выбирать сечения проводов в токовых цепях релейной защиты одним из трёх методов:

- расчётом по кривым предельной кратности;
- методом базисных параметров;
- по вольт-амперной характеристике.

Подготовка исходных данных для расчёта выполняется в виде последовательности из шести шагов. На шаге 1 производится выбор схемы соединения трансформаторов тока (рис. 2).

На втором шаге выбирается метод расчёта (рис. 3).

В том случае, если выбран расчёт по вольт-амперной характеристике, дополнительно выводится таблица, в которую нужно внести данные этой характеристики (рис. 4).

Следует отметить, что расчёт по реальной вольт-амперной характеристике – наиболее точный. Однако его применение ограничено тем, что снять эти характеристики возможно только тогда, когда ТТ уже установлен на объекте.

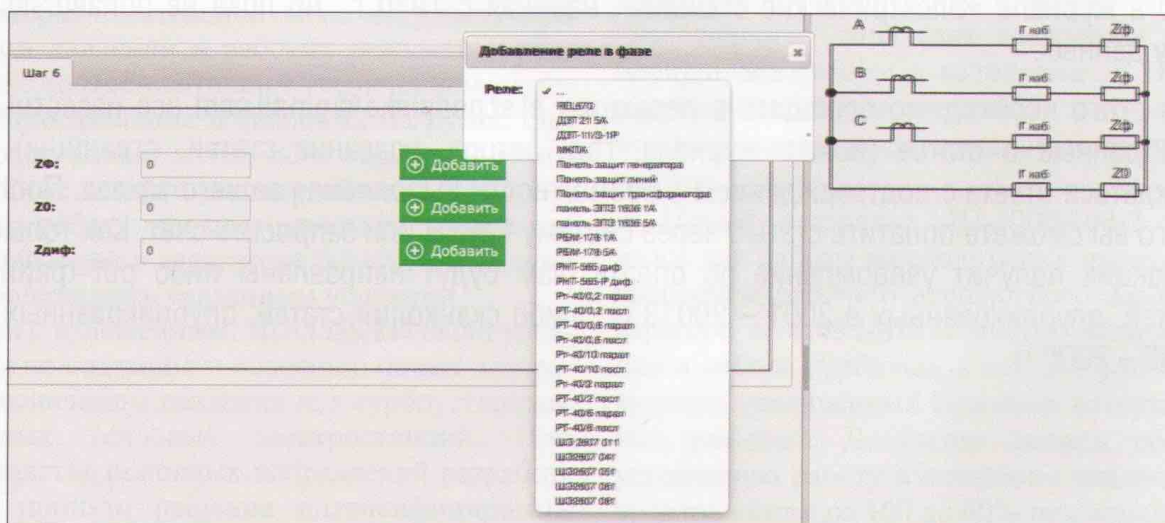


Рис. 5. Выбор типа защиты, подключённой к ТТ

Далее последовательно заполняются данные для расчёта (токи короткого замыкания, допустимая погрешность работы ТТ и т.д.). На последнем (шестом) шаге выбирается защита из выпадающего списка (рис. 5).

По окончании работы программа выводит на печать результаты расчёта в форме таблицы. Таблица оформлена в соответствии с требованиями [6].

Программу в формате настольного приложения можно бесплатно скачать по ссылке: <http://rza.tmc-center.ru/>. Там же размещены инструкции по установке и применению программы.

Авторами также выполнена реализация программы выбора сечения проводов в токовых цепях релейной защиты в формате веб-приложения. Данная программа размещена в сети интернет и доступна пользователям через любой интернет-браузер по ссылке: <http://www.ekra-adr.ru/>.

В настоящее время продолжается работа по созданию и других программ для проектных и научно-технических расчётов в области релейной защиты и противоаварийной автоматики электрических станций и подстанций, которые в совокупности и составят единое информационное пространство для проектных и исследовательских работ.

## Список литературы

1. *Трансформаторы тока* [Текст]: ГОСТ 7746-2001.
2. *Подгорный, Э. В.* Моделирование и расчёты переходных режимов в цепях релейной защиты [Текст] / Э. В. Подгорный, С. Д. Хлебников. – М.: Энергия, 1974.
3. *Богдан, А. В.* Переходный ток идеализированного трансформатора тока [Текст] / А. В. Богдан // Известия вузов. Электромеханика. – 1972. – № 5.
4. *Добродеев, К. М.* Расчёт защитных трансформаторов тока и их вторичных цепей (взгляд проектировщика) [Текст] / К. М. Добродеев, М. К. Добродеев, Д. В. Рыбин // Релейная защита и автоматизация. – 2012. – № 02(07).
5. *Королев, Е. П.* Расчёты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты [Текст] / Е. П. Королев, Э. М. Либерзон. – М.: Энергия, 1980.
6. *Указания по расчёту сечений жил контрольных кабелей в токовых цепях релейной защиты (вторая редакция)* [Текст]: 5916-ТМ. – М., 1973.
7. *Дроздов, А. Д.* Расчёт режимов трансформаторов тока в релейной защите по номинальным и базисным параметрам [Текст] / А. Д. Дроздов // Электричество. – 1968. – № 6.
8. *Рыбалкин, А. Д.* О системе автоматизированного проектирования релейной защиты [Текст] / А. Д. Рыбалкин // Известия СКНЦ ВШ. Технические науки. – 1979. – № 3.
9. *Беллиньясо, М.* Разработка Web-приложений в среде ASP.NET 2.0. Задача – проект – решение [Текст] / М. Беллиньясо. – М.: Вильямс, 2007.

## Уважаемые читатели!

На сайте журнала [www.elst.energy-journals.ru](http://www.elst.energy-journals.ru), в разделе «Подписки» вы можете приобрести статьи, уже хранящиеся в базе данных журнала (база будет пополняться), оплатив их через систему PayPal.

Кроме этого, здесь же вы можете заказать и приобрести любую статью, опубликованную в журнале «Электрические станции», начиная с 1930 г., но пока не попавшую в базу данных.

Для этого необходимо сообщить в редакцию [el.st.podpiska@gmail.com](mailto:el.st.podpiska@gmail.com) все известные вам данные о статье (номер журнала, год, автора, название статьи, страницы) и дождаться ответа с подтверждением о возможности выполнения вашего заказа. После этого вы сможете оплатить статью через систему PayPal или запросить счёт. Как только редакция получит уведомление об оплате, вам будут направлены либо pdf-файлы статей, опубликованных в 2001 – 20013 гг., либо сканкопии статей, опубликованных в 1930 – 2000 гг.