**Пользовательское техническое задание на Balance+**

ПРОЕКТ 25.04.2025

Автор: Гаврилов П.Я.

Екатеринбург 2025г

**Содержание**

[Термины и аббревиатуры 4](#_Toc196465504)

[1. Введение и общее описание системы 5](#_Toc196465505)

[1.1. Контекст разработки 5](#_Toc196465506)

[1.2. Пользователи 5](#_Toc196465507)

[2. Цели проекта 5](#_Toc196465508)

[3. Функциональные требования 5](#_Toc196465509)

[3.1. Приоритеты требований 5](#_Toc196465510)

[3.2. Модуль расчета балансов 5](#_Toc196465511)

[3.3. Модуль расчета треугольников скоростей 6](#_Toc196465512)

[3.4. Дополнительные модули 6](#_Toc196465513)

[4. Нефункциональные требования 7](#_Toc196465514)

[4.1. Точность 7](#_Toc196465515)

[4.2. Производительность 7](#_Toc196465516)

[4.3. Безопасность 7](#_Toc196465517)

[4.4. Хранение данных 8](#_Toc196465518)

[4.5. Версионирование 8](#_Toc196465519)

[4.6. Обработка ошибок 8](#_Toc196465520)

[4.7. Совместимость 8](#_Toc196465521)

[5. Сценарии использования 8](#_Toc196465522)

[6. Ограничения 8](#_Toc196465523)

[7. Дополнительные требования 8](#_Toc196465524)

[8. Требования к документации 9](#_Toc196465525)

[9. План тестирования 9](#_Toc196465526)

[10. Условия приемки 9](#_Toc196465527)

[Приложение 1 (Основные модули блока БТР) 10](#_Toc196465528)

# **Термины и аббревиатуры**

|  |  |
| --- | --- |
| Термин / Аббревиатура | Определение / Расшифровка |
| Версия | Изменение, комплексно влияющее на расчетные данные |
| Глобальные переменные | Параметры пара и условия, характеризующие режим работы турбины |
| Зона баланса | Блок данных, описывающий схему турбоустановки в упрощенном виде для анализа переменных режимов работы |
| Итерация | Изменение, затрагивающее расчетные данные в пределах одного модуля |
| Конструкторский расчет | Расчет с минимальными изменениями для уточнения данных в рамках одной цепочки |
| Поверочный расчет | Расчет с гибкой настройкой данных в цепочке |
| Расчетные данные | Включают исходные данные (геометрия, параметры рабочих сред) и результаты расчета |
| Расчетный комплекс | Совокупность модулей для сквозного анализа изменений данных в рамках одной версии |
| Условия режима работы турбины | Требования к режиму работы, включая тип (конденсационный, теплофикационный) и особенности работы вспомогательного оборудования |
| Цепочка | Связь геометрических параметров, параметров пара и результатов расчета |

# **1. Введение и общее описание системы**

# **1.1. Контекст разработки**

Существующая система расчетов переменных режимов паровых турбин использует устаревшее ПО с ручным вводом данных / ручным контролем версий / исполнением особых требований к ведению проекта, что приводит к увеличению времени подготовки данных в другие отделы / подразделения / заказчикам. Новая система требуется для автоматизации процессов, полного исключения рутинных задач и сокращения времени на подготовку данных до 40%.

# **1.2. Пользователи**

Инженер-расчетчик: создает и запускает расчеты, контролирует версионирование, анализирует результаты, формирует отчеты.

Администратор системы: управляет правами доступа, настраивает интеграции, контролирует перечень проектов, контроль соответствия стандартам.

Руководитель: утверждает финальные версии проектов, выполняет проверку корректности расчетов.

# **2. Цели проекта**

Автоматизация тепловых расчетов паротурбинных установок с последующей интеграцией модулей прочностных и вибрационных расчетов.

Внедрение сквозного версионирования.

Сокращение ручных операций при подготовке данных в другие подразделения и формирования технических предложений.

# **3. Функциональные требования**

# **3.1. Приоритеты требований**

|  |  |
| --- | --- |
| Требование | Приоритет |
| Модуль расчета балансов | Высокий (10/10) |
| Модуль расчета треугольников скоростей | Средний (7/10) |
| Дополнительные модули расчета | Низкий (4/10) |

# **3.2. Модуль расчета балансов**

**3.2.1. Расчеты**

* Конструкторский расчет.
* Поверочный расчет.
* Групповые расчеты.
* Расчет поправок к мощности для диаграммы режимов.

**3.2.2. Техническое предложение**

* Формирование зон балансов с гибкими настройками.
* Настройка шаблонов режимов работы турбины:
  + Конденсационный / Теплофикационный режимы
  + Гарантийные режимы
* Реализация общей таблицы глобальных переменных.
* Возможность «заморозки» финальной версии проекта.

**3.2.3. Работа с результатами**

* Сравнение результатов:
  + В классическом (балансы) и табличном форматах
  + Выделение изменений цветом (например при отличии более 1% по модулю)
* Вывод параметров на подготовленную тепловую схему.

**3.2.4. Экспорт данных**

* Поддержка предустановленных шаблонов (максимальные параметры, данные для гидроиспытаний, сопряженные параметры и др.).
* Настройка пользовательских шаблонов для нестандартных задач.

# **3.3. Модуль расчета треугольников скоростей**

**3.3.1. Расчеты**

* Конструкторский и поверочный расчеты.
* Расчет потока по струйкам.

**3.3.2. Работа с результатами**

* Сравнение результатов в классическом и табличном форматах.

# **3.4. Дополнительные модули**

**БТР (Тепловые расчеты):**

* Модули расчета:
  + Расчет осевых усилий
  + Расчет парораспределения
  + Расчет пусковых режимов (номинальные и скользящие параметры).
  + Расчет теплообменных аппаратов (конденсаторы, подогреватели регенеративные / сетевые)
  + Вспомогательные расчеты (расчет теплоотдачи, утечек через штока клапанов, тепловыделения, толщины изоляции, мех. потерь в генераторе)
* Калькуляторы:
  + Перевод единиц измерения.
  + Простые одно-формульные расчеты

**БПР (Прочностные расчеты):**

* Расчет на прочность направляющих и рабочих лопаток, профилирование, расчет диафрагм на прогиб, расчет на прочность дисков, напряжений рабочих лопаток от парового усилия, прочностной анализ замковых лопаток, расчет цилиндров на прочность и плотность, расчет натяга лопаток, расчет на прочность теплообменных аппаратов, расчет установки.
* Отдельными блоками можно выделить:
  + Выбор материалов.
  + Работа с актами о несоответствиях.

**БВП (Вибрационные расчеты):**

* Расчет прогиба ротора и реакции в опорах, махового момента валопровода и момента инерции, собственных колебаний и критических частот ротора, матрицы демпфирующих характеристик подшипников, на короткое замыкание, уклона по шейке в районе подшипников ротора, расчет собственных частот рабочих лопаток и вибрационная отстройка, центровки.
* Отдельным блоком можно выделить:
  + Подготовка расчетной модели

*Примечание: Блоки БПР, БВП указаны для информации и не входят в цели проекта.*

# **4. Нефункциональные требования**

# **4.1. Точность**

Погрешность расчетов — не более заявленной применяемым ПО на данный момент (2-3% относительно данных с испытаний турбоустановок).

# **4.2. Производительность**

Время расчета баланса / треугольников скоростей не более заявленной применяемым ПО на данный момент (балансы единичные расчеты 0,2 сек, групповые расчеты 100+ балансов не более 60 сек, треугольники скоростей не более 10 сек).

Время отклика GUI – не более 2сек.

# **4.3. Безопасность**

Аутентификация пользователей (логин/пароль + сертификат).

Разграничение прав доступа по ролям: "Инженер-расчетчик", "Администратор", "Руководитель".

# **4.4. Хранение данных**

Резервное копирование (например ежедневное).

Ведение журнала событий (например \*user\_name\*: Расчет \*project\_name\* версии \*version\_calc\* – Успех)

# **4.5. Версионирование**

Хранение истории изменений с возможностью выбора версий расчетных данных.

Комментирование изменений.

Визуальное представление истории изменений по аналогии с отображение в системе Git.

# **4.6. Обработка ошибок**

Автосохранение данных при сбое

Уведомления об ошибках (например «Ошибка: недопустимый расход пара (>540 т/ч). Код ошибки: #NNN»).

# **4.7. Совместимость**

Поддержка браузеров Chrome, Microsoft Edge.

# **5. Сценарии использования**

**Инженер-расчетчик:**

Запуск расчета балансов / треугольников скоростей для анализа мощности турбины при разном расходе пара.

Формирование отчета с рекомендациями по изменению геометрии проточной части / схемы турбоустановки.

**Руководитель:**

Оценивает рекомендации и утверждает изменения внесенные в проект.

**Совместная работа:**

Пользователи параллельно вносят изменения в разные ветки версий с последующим слиянием.

# **6. Ограничения**

Применение текущих баз данных, применяемых в устаревшем ПО.

Сохранение классических представлений расчетных данных.

Работа в корпоративной сети без доступа в интернет.

Отсутствие поддержки мобильных устройств.

# **7. Дополнительные требования**

Привязка расчетов к проектам (метаданные: параметры проекта, ответственный).

Формирование зон балансов на основе данных из модуля треугольников скоростей.

Уведомления пользователей об изменениях в расчетных данных.

Настройка единиц измерения ввода / вывода.

Интерфейс на русском языке.

# **8. Требования к документации**

Руководство пользователя (PDF + онлайн-версия).

Техническая документация API.

# **9. План тестирования**

Модульное тестирование: Покрытие 90% кода (pytest).

Нагрузочное тестирование: 100+ параллельных расчетов.

Юзабилити-тестирование: С участием инженеров-расчетчиков.

# **10. Условия приемки**

Соответствие всем функциональным требованиям (через тест-кейсы).

Успешное прохождение нагрузочного тестирования.

# **Приложение 1 (Основные модули блока БТР)**

|  |
| --- |
|  |
|  |