

**ФИРСОВА С. А., ТЕТИН Е. Н.**

**РЕАЛИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ ТЕХНИКИ**

**Аннотация.** В статье описывается разработанная авторами программная система, предназначенная для автоматизации контроля качества работы климатической камеры. Приведен прогноз поведения качественных характеристик камеры с целью успешного прохождения ее периодической аттестации.

**Ключевые слова:** климатическая камера, методы аттестации оборудования, программная система, прогнозирование изменения характеристик.

**FIRSOVA S. A., TETIN E. N.**

**IMPLEMENTATION OF STATISTICAL QUALITY CONTROL  
FOR EQUIPMENT CERTIFICATION**

**Abstract.** The article describes the software system developed by the authors and designed to automate the quality control of the climatic chamber. The prediction of the changes in the chamber qualitative characteristics, aimed at successful passing of its scheduled certification, is provided.

**Keywords:** climatic chamber, methods of equipment certification, software system, prediction of changes in characteristics.

**Введение.** Возможность проведения испытания в климатической камере напрямую зависит от прохождения аттестации. Аттестация климатической камеры проводится ежегодно, в результате чего формируются значительные объемы данных, которые подлежат дальнейшей обработке. В настоящее время такая обработка проводится аттестующей организацией вручную. Специалист снимает через определенные промежутки времени показания с датчиков климатической камеры, установленных в соответствии с ГОСТ Р 53618-2009 [1]. Эти показания фиксируются в соответствующем журнале. Затем проводятся расчеты характеристик работы климатической камеры по формулам, указанным в ГОСТе. Безусловно, такая процедура требует достаточно больших временных затрат, поэтому разработка приложения, обеспечивающего автоматизацию обработки данных, является актуальной задачей [2].

Новизна разработанной авторами программной системы состоит в том, что в настоящее время не существует свободно распространяемых приложений для расчета параметров, характеризующих качество работы камеры. Создание такого приложения позволит решить проблему зависимости от закрытых приложений компаний, производящих

климатические камеры. Кроме того, помимо упрощения обработки данных, можно получить хронологию изменений рассчитанных параметров и спрогнозировать последующие их изменения для принятия своевременных мер руководством организации, проводящей климатические испытания, позволяющих успешно пройти аттестационные испытания.

**Исходные данные.** В качестве исходных данных выступали показания датчиков, фиксирующих работу климатической камеры, устанавливаемых в период аттестации камеры в соответствии с требованиями ГОСТов.

Для описания порядка и проведения аттестации климатической камеры разработаны соответствующие ГОСТы: ГОСТ Р 53618-2009 (МЭК 60068-3-5:2001) «Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию температуры» [1] и ГОСТ Р 54082-2010 (МЭК 60068-3-11:2007) «Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы обработки результатов аттестации камер» [3].

Перечень операций аттестации включает: 1) выбор средств измерений: скорости циркуляции воздуха, температуры, влажности; 2) подготовку к измерению: внешний осмотр, опробование, установка датчиков; 3) измерения и вычисления характеристик климатической камеры; 4) обработку результатов произведенных измерений; 5) составление протокола по результатам измерений [4].

Перечень конкретных операций, выполняемых в соответствии с приведенным перечнем при проведении аттестации, устанавливаются в программе аттестации. Результаты первичной аттестации оформляются в соответствии с ГОСТ Р 8.568 «Аттестация испытательного оборудования. Основные положения (с Изменением N 1)», раздел 5, приложения А, Б. Результаты периодической аттестации оформляются в соответствии с ГОСТ Р 8.568, раздел 6, приложение В. Обработка результатов измерений проводится в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54082-2010. В ходе изучения данного ГОСТа были выделены формулы для определения значений характеристик температуры и относительной влажности.

За значение температуры (относительной влажности) в точке полезного объема камеры, полученное с помощью средств аттестации, принять среднее арифметическое значение результатов измерений в этой точке, определяемое по формуле:

$$\bar{t}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_{ij}, \quad \bar{\eta}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \eta_{ij},$$

где  $j$  – номер точки полезного объема камеры, в которой проводились измерения ( $j = 1, \dots, n$ );  $n$  – число точек измерений;  $k$  – число измерений;  $i$  – номер измерения ( $i = 1, \dots, k$ );  $t_{ij}$  –

значение температуры, определяемое в  $j$ -й точке при  $i$ -ом измерении;  $\eta_{ij}$  – значение относительной влажности, определяемое в  $j$ -й точке при  $i$ -ом измерении.

Дисперсию определить по формуле:

$$S_{t_j} = \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{t}_j - t_i)^2}{k}, D_j = \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{\eta}_j - \eta_i)^2}{k}.$$

Стандартное отклонение определить по формуле:

$$\delta_{t_j} = \sqrt{S_{t_j}}, \delta_j = \sqrt{D_j}.$$

За градиент температуры (относительной влажности) (неравномерность распределения) в полезном объеме камеры принять значение, рассчитанное по формуле:

$$t_{zp} = \bar{t}_{j_{\max}} - \bar{t}_{j_{\min}}, \eta_{zp} = \bar{\eta}_{j_{\max}} - \bar{\eta}_{j_{\min}},$$

где  $\bar{t}_{j_{\max}}, \bar{t}_{j_{\min}}$  – наибольшее и наименьшее из средних значений температуры, вычисленные по пункту (а);  $\bar{\eta}_{j_{\max}}, \bar{\eta}_{j_{\min}}$  – наибольшее и наименьшее из средних значений относительной влажности, вычисленные по пункту (а).

Остальные формулы для определения значений характеристик температуры и относительной влажности приведены, например, в [2].

Установка датчиков проводится в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53618-2009. Пример схемы расположения датчиков температуры воздуха для камер с объемом до 2000 л представлен на рисунке 1.

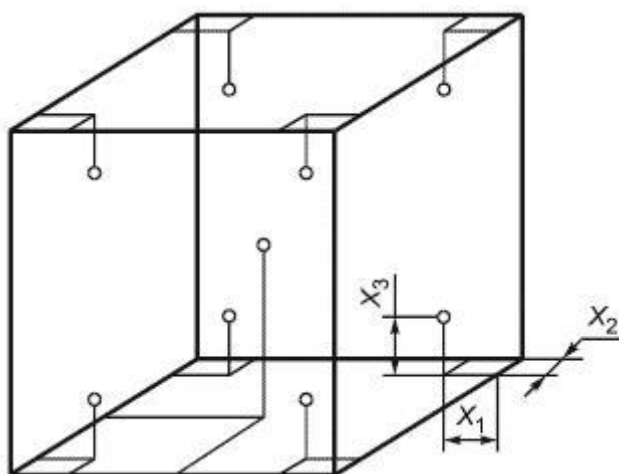


Рис. 1. Размещение датчиков температуры для камер объемом до 2000 л.

**Определение вариантов использования программной системы.** Так как основной целью разработанной программной системы является автоматизация проведения

статистического контроля качества работы климатической камеры по вышеприведенным формулам и прогнозирование ухудшения показателей, определяющих качество работы, то в качестве пользователя такой программной системы целесообразнее назначить одного сотрудника, отвечающего за проведение испытаний. Описание его поведения представлено на диаграмме вариантов использования (рис. 2).

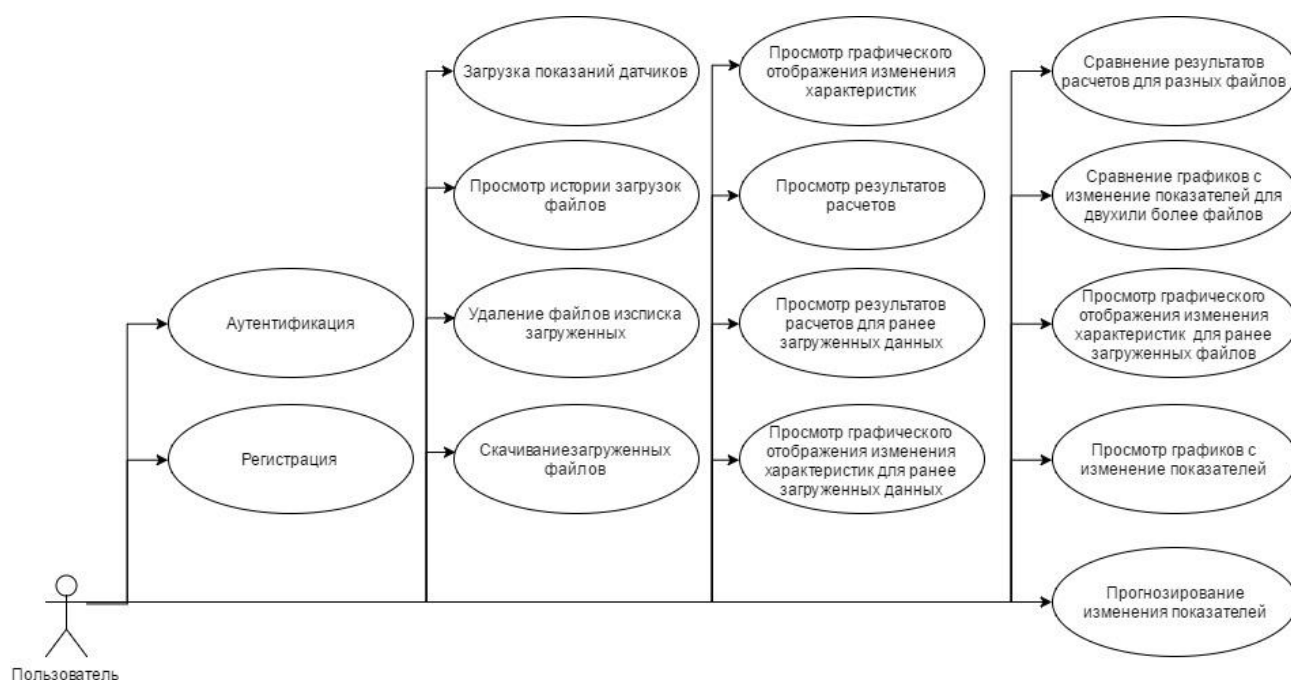


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования.

**Выбор платформы и стека технологий.** Основываясь на приведенном выше наборе вариантов использования приложения, было принято решение реализовать приложение в форме веб-приложения, которое обладает следующими преимуществами по сравнению с desktop-платформой:

- кроссплатформенность – работоспособность приложения в наименьшей степени зависит от пользователя;
- гибкость – большой спектр технологий при разработке;
- мобильность – пользователю не нужно устанавливать приложение и доступ к приложению зависит только от доступа к Интернету;
- обновление приложения – исходный код приложения находится в одном месте, что позволит обновлять приложение лишь в одном месте и освободит пользователей от этой необходимости;
- хранение данных – хранение пользовательских файлов привязано к серверу.

В качестве стека технологий был выбран стек LEMP. Linux был выбран в качестве серверной операционной системы, Nginx – в качестве веб-сервера. MySQL был использован как СУБД, PHP – как скриптовый язык программирования.

**Разработка клиентской части системы.** Загружаемый файл, в котором по строкам будут находиться показания датчиков, должен иметь формат «.csv». Данный формат удобен тем, что его можно создать как текстовый файл или изменить расширение файла с «.xls» на необходимое расширение «.csv». Пример загружаемого файла с данными приведен на рисунке 3.

|    | A        | B           | C           | D           | E           | F           | G           | H           | I           | J           | K            |
|----|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1  |          | Показание 1 | Показание 2 | Показание 3 | Показание 4 | Показание 5 | Показание 6 | Показание 7 | Показание 8 | Показание 9 | Показание 10 |
| 2  | Датчик 1 | 10          | 13          | 17          | 20          | 25          | 25          | 30          | 34          | 31          | 55           |
| 3  | Датчик 2 | 11          | 12          | 16          | 21          | 27          | 24          | 31          | 36          | 32          | 54           |
| 4  | Датчик 3 | 10          | 14          | 16          | 22          | 26          | 24          | 31          | 34          | 30          | 53           |
| 5  | Датчик 4 | 11          | 13          | 16          | 21          | 25          | 23          | 30          | 35          | 31          | 56           |
| 6  | Датчик 5 | 10          | 12          | 15          | 20          | 25          | 26          | 32          | 37          | 31          | 57           |
| 7  | Датчик 6 | 19          | 12          | 17          | 20          | 27          | 27          | 32          | 37          | 30          | 55           |
| 8  | Датчик 7 | 12          | 15          | 16          | 29          | 24          | 25          | 30          | 35          | 32          | 56           |
| 9  | Датчик 8 | 10          | 13          | 17          | 21          | 26          | 26          | 31          | 36          | 32          | 56           |
| 10 | Датчик 9 | 19          | 13          | 16          | 20          | 24          | 26          | 32          | 38          | 30          | 55           |

Рис. 3. Пример загружаемого файла с показаниями датчиков.

При запуске приложения открывается вкладка «Расчеты» (рис. 4), с которой можно произвести расчеты характеристик температуры, относительной влажности, скорости циркуляции воздуха, предварительно загрузив файл с данными датчиков.

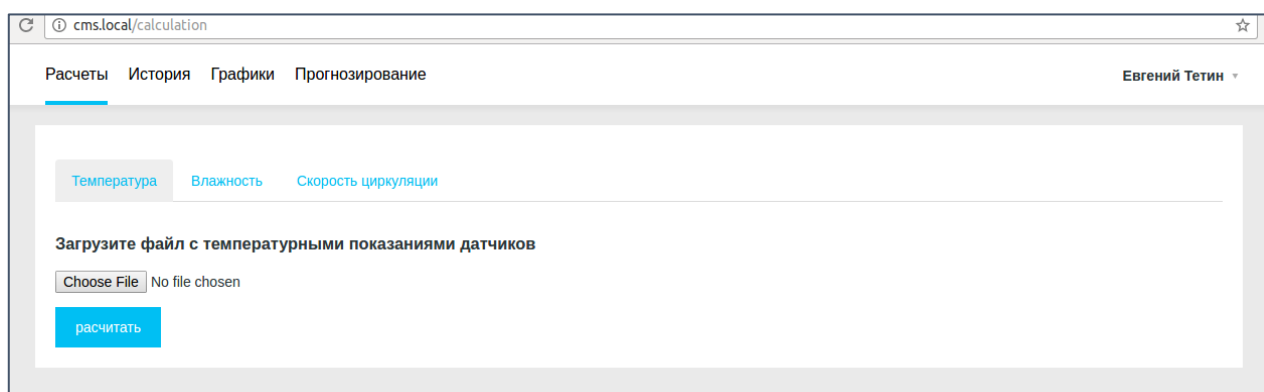


Рис. 4. Начальная страница приложения.

Выбранный файл загружается на сервер, где и происходит расчет, после чего на текущей странице становятся доступными вкладки «Результаты расчетов» (рис. 5) и «Графическое отображение» (рис. 6), при выборе которых можно просмотреть изменение параметров для датчиков в текстовом или графическом представлении.

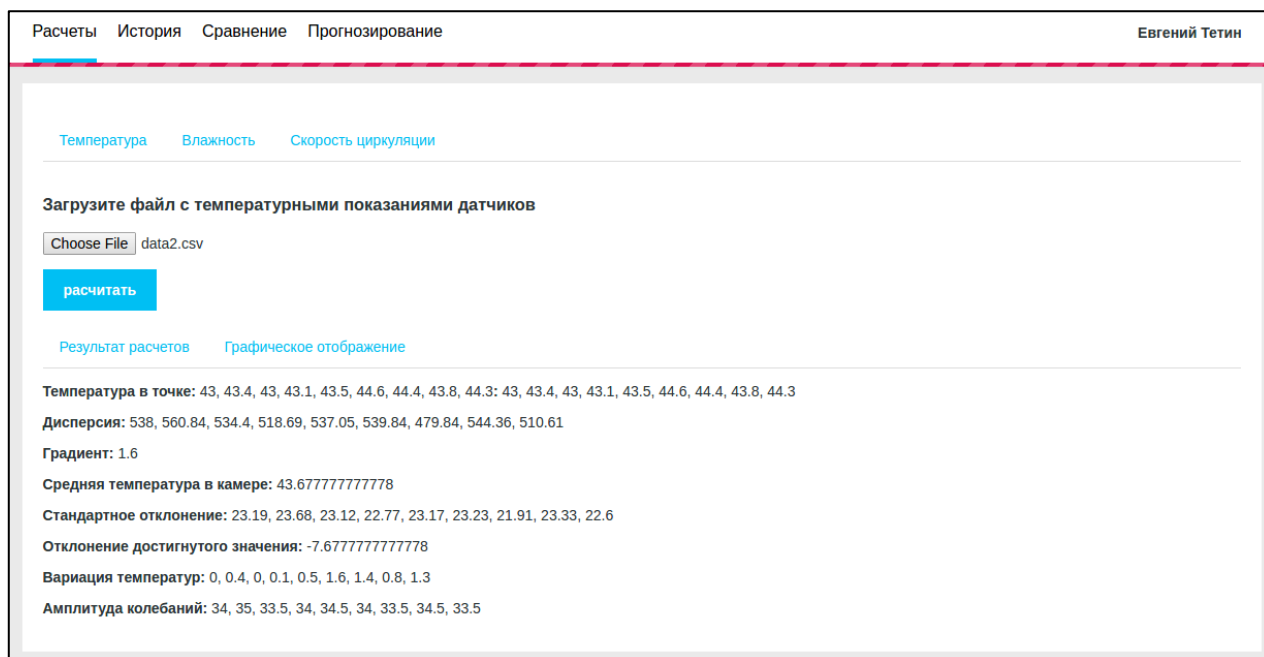


Рис. 5. Отображение результатов расчета характеристик.

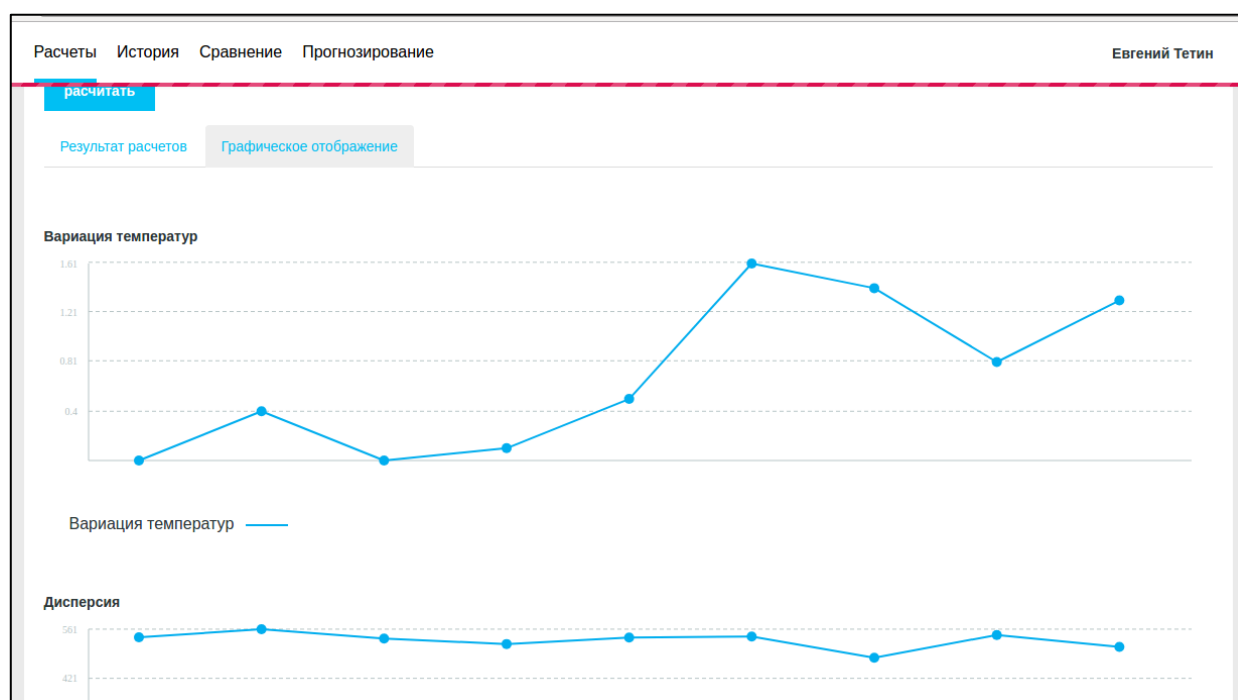


Рис. 6. Отображение результатов в графическом представлении.

На вкладке «История» можно просмотреть список загруженных ранее файлов с указанием их названия и даты загрузки, предоставляется возможность скачивания или удаления этих файлов.

Для сравнения рассчитанных характеристик из нескольких файлов на вкладке «Сравнение» предложено два способа: в форме таблицы (рис. 7) и в виде графиков (рис. 8).

|         |         |           |                 |               |
|---------|---------|-----------|-----------------|---------------|
| Расчеты | История | Сравнение | Прогнозирование | Евгений Тетин |
|---------|---------|-----------|-----------------|---------------|

|                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| Результат расчетов | Графическое отображение |
|--------------------|-------------------------|

| Характеристики                   | data1.csv 2017-06-18 10:01:07                              | data2.csv 2017-06-18 10:01:12                              |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Температура в точке              | 26,26.4,26,26.1,26.5,27.6,27.4,26.8,27.3                   | 43,43.4,43,43.1,43.5,44.6,44.4,43.8,44.3                   |
| Дисперсия                        | 149,149.44,135.4,155.09,175.05,135.24,144.44,158.56,137.81 | 538,560.84,534.4,518.69,537.05,539.84,479.84,544.36,510.61 |
| Градиент                         | 1.6                                                        | 1.6                                                        |
| Средняя температура в камере     | 26.6778                                                    | 43.6778                                                    |
| Стандартное отклонение           | 12.21,12.22,11.64,12.45,13.23,11.63,12.02,12.59,11.74      | 23.19,23.68,23.12,22.77,23.17,23.23,21.91,23.33,22.6       |
| Отклонение достигнутого значения | 9.32222                                                    | -7.67778                                                   |
| Вариация температур              | 0,0.4,0,0.1,0.5,1.6,1.4,0.8,1.3                            | 0,0.4,0,0.1,0.5,1.6,1.4,0.8,1.3                            |
| Амплитуда колебаний              | 22.5,21.5,21.5,22.5,23.5,21.5,22,23,21                     | 34,35,33.5,34,34.5,34,33.5,34.5,33.5                       |

Рис. 7. Табличная форма сравнения характеристик.

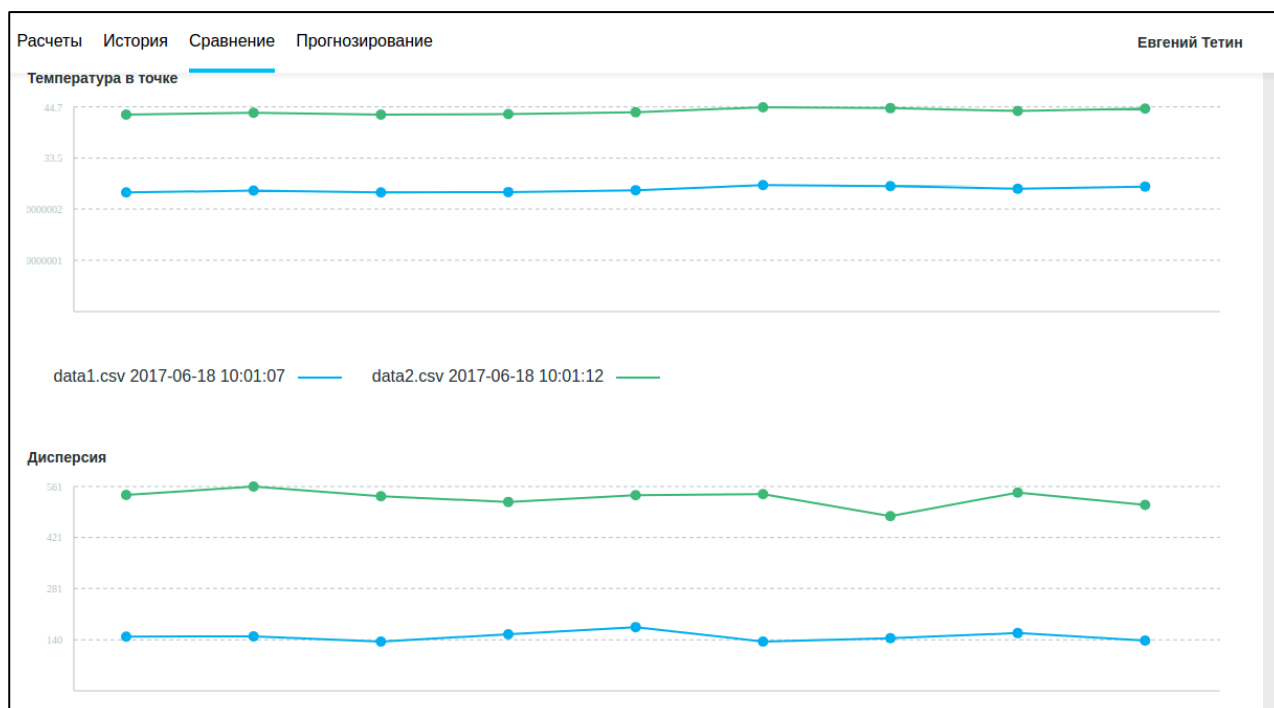


Рис. 8. Графики сравниваемых характеристик.

Для прогнозирования поведения характеристик, учитываемых при аттестации камеры, на вкладке «История» необходимо выбрать файлы, основываясь на которых будет сделан прогноз (рис. 9). При нажатии на кнопку «Перейти к выбору параметров прогнозирования» пользователь попадает на вкладку «Прогнозирование», где необходимо выбрать метод прогнозирования, нужную характеристику и ее критическое значение, при достижении которого камера считается не прошедшей аттестацию. Результатом прогнозирования является момент времени (дата), когда характеристика достигнет своего критического значения (рис. 10) [5].

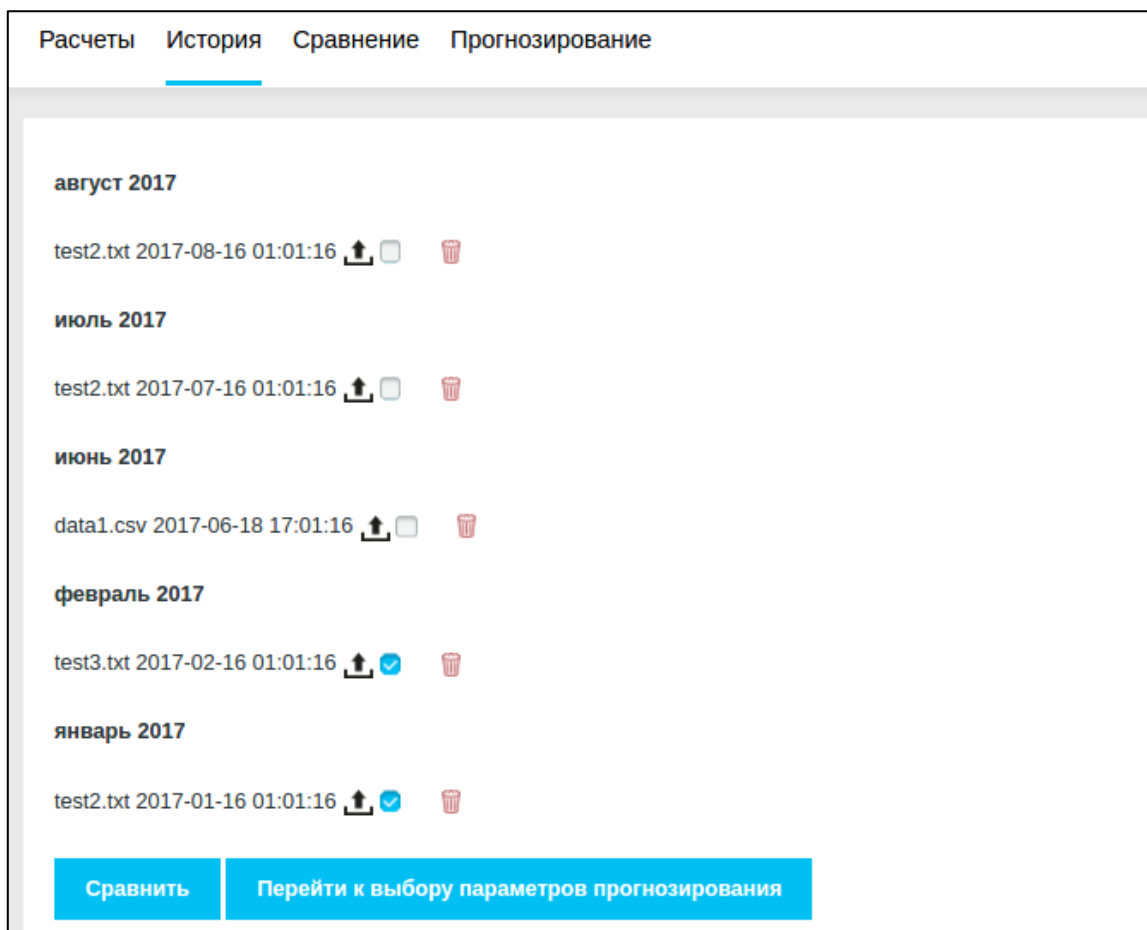


Рис. 9. Выбор файлов с данными для выполнения прогнозирования.

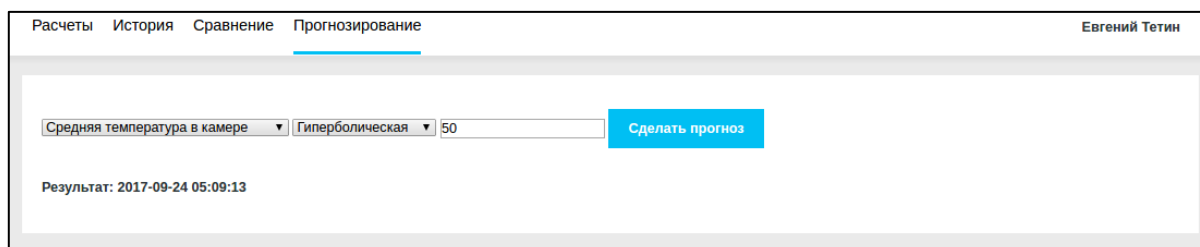


Рис. 10. Результат прогнозирования.

**Заключение.** Результатом работы является создание программной системы для автоматизации контроля качества работы климатической камеры и прогнозирование ее качественных характеристик для успешного прохождения аттестации. За счет универсальности платформы и выбранных технологий поддержка и расширение функционала системы не вызовет затруднений в дальнейшем, что делает данную систему актуальной и перспективной. Кроме того, достоинством разработанной системы является возможность ее доработки с целью использования для решения задач контроля качества работы не только климатической камеры, но и другого оборудования Центра проектирования инноваций АУ «Технопарк-Мордовия».



## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53618-2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200080743>.
2. Чупракова А. М. Обеспечение качества при реализации внутрилабораторного контроля в исследовательском лабораторном центре // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2015. – Т. 9. – № 1. – С. 199–205.
3. ГОСТ Р 54082-2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200080743>.
4. Писарев В. Н. О стандартизации в области аттестации климатических камер // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2013. – Т. 1. – С. 91–93.
5. Лазаренко М. П. Математическое моделирование процессов теплообмена в климатических камерах // Международный научный журнал. – 2013. – № 6. – С. 48–52.