



## РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРОЕКЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ф. П. Горьковский, студент 4-го курса,  
e-mail: frgorkovskiy@mail.ru,  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»



Е. С. Старостин, студент 4-го курса,  
e-mail: gogen99@list.ru,  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

М. А. Лысенко, студент 3-го курса,  
e-mail: markklg@mail.ru,  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

М. С. Харитонов, канд. техн. наук, доцент,  
e-mail: maksim.haritonov@klgtu.ru  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

Представлены результаты исследования основных факторов, оказывающих негативное влияние на работу проекционного оборудования. Рассмотрен ряд перспективных направлений по снижению опасных воздействий. Представлена комплексная защитная система, обеспечивающая минимизацию взаимодействия оператора с проекционным оборудованием.

***Ключевые слова:** проектор, система фильтрации, защитная оболочка, качество электроэнергии, система управления, пространственное моделирование, прототипирование*

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мультимедийные средства являются неотъемлемой составляющей учебного процесса на всех уровнях образования. От степени оснащённости учебных аудиторий мультимедийным оборудованием может существенно зависеть качество подачи материала и эффективность его освоения. К распространённым видам мультимедийных устройств относится проекционное оборудование. Однако ввиду некоторых особенностей конструкции данный тип оборудования чувствителен к широкому спектру внешних воздействий: пылевых, ударных, температурных, электромагнитных. Согласно результатам проведенного авторами социологического исследования среди основных факторов, повышающих износ проекционного оборудования, следует отметить неправильную эксплуатацию и негативное влияние окружающей среды. В этой связи актуальной задачей является разработка комплексного решения, обеспечивающего минимизацию воздействия негативных факторов на проекционное оборудование.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом настоящего исследования является проекционное оборудование, размещаемое в учебной аудитории Калининградского государственного технического университета. В качестве проекционного оборудования рассматривается мультимедийный проектор на основе газоразрядных ламп высокого давления EPSON EB-U42 (рис. 1), технические характеристики которого указаны в табл. 1 [1].

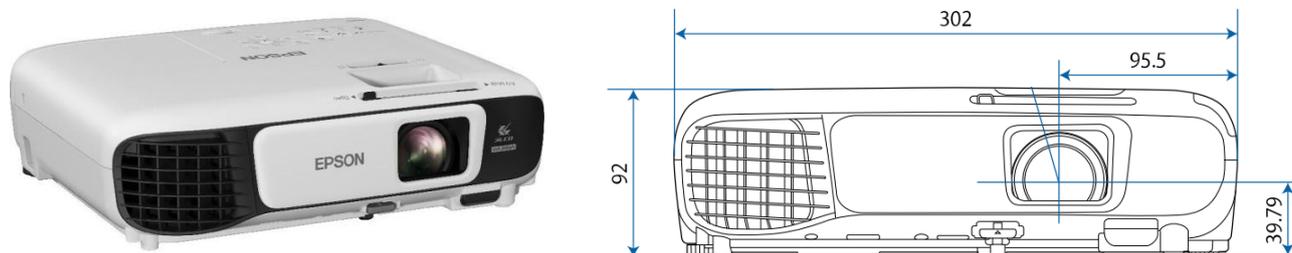


Рисунок 1 – Внешний вид и размеры фронтальной панели проектора EPSON EB-U42

Таблица 1 – Технические характеристики проектора EPSON EB-U42

| Параметр           | Значение  | Параметр                    | Значение |
|--------------------|-----------|-----------------------------|----------|
| Разрешение         | 1920x1200 | Срок службы лампы (норм.)   | 6000 ч   |
| Соотношение сторон | 16:10     | Срок службы лампы (эконом.) | 10000 ч  |
| Световой поток     | 3600 лм   | Ширина                      | 302 мм   |
| Контрастность      | 15000:1   | Глубина                     | 252 мм   |
| Тип лампы          | UHE       | Высота                      | 92 мм    |
| Мощность лампы     | 210 Вт    | Масса                       | 2,8 кг   |

Исследования проводились на примере учебно-исследовательской лаборатории электрических сетей и электроснабжения КГТУ № 237 – учебной аудитории для проведения занятий лекционного типа, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для оценки загруженности аудитории и интенсивности использования проектора был проведен анализ учебных планов с учетом специализации лаборатории [2]. За основу принята возможность работы проектора в течение первых трёх занятий по очной форме обучения, что соответствует 4,25 ч. При количестве календарных учебных дней 185, загруженность аудитории составляет 555 занятий или 785,9 ч в течение года. За вычетом лабораторных работ, когда мультимедийные средства не используются, интенсивность работы проектора составляет 644,9 ч/год. В процентном выражении это эквивалентно 82 % времени использования аудитории и 7,36 % времени года. Результаты проведенного анализа свидетельствуют о сравнительно высокой интенсивности использования проекционного оборудования.

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является обоснование и разработка технических решений по повышению защищенности проекционного оборудования от негативных факторов окружающей среды и неправильной эксплуатации. Для достижения поставленной цели требуется исследование режимов работы проекционного оборудования и условий эксплуатации.

Поскольку современные электронные компоненты чувствительны к перегреву, то задача анализа режимов работы, главным образом, сводится к тепловизионному исследованию проектора на предмет максимальных температур и уязвимых зон в различных элементах конструкции. С целью оценки возможных негативных внешних воздействий в условиях эксплуатации выполняется исследование запыленности помещения и качества электрической энергии в питающей сети.

Заключительным этапом является проведение опытно-конструкторских работ с целью создания автоматизированной оболочки и соответствующей системы управления, обеспечивающих защиту проекционного оборудования от негативных внешних воздействий.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

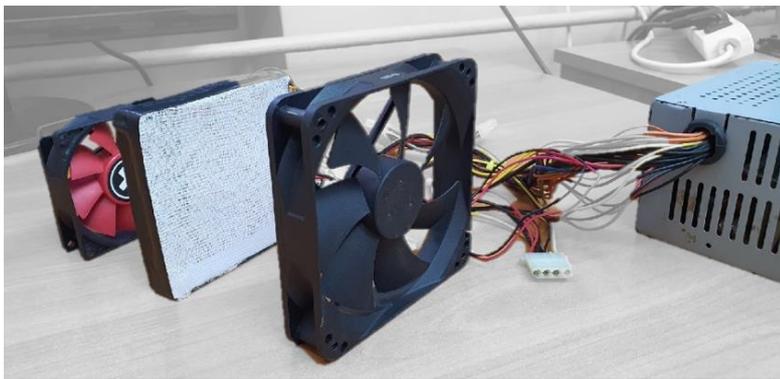
Экспериментальные исследования характеристик тепловых и электромагнитных процессов выполнены с использованием специализированных измерительных приборов: контактного термоэлектрического термометра DT-914, тепловизора Testo-871 и анализатора качества электроэнергии Fluke-434 (рис. 2).

Исследование качества электроэнергии проводилось непосредственно в точке подключения проектора к электрической сети по методике, установленной ГОСТ 33073-2014 для систем электроснабжения общего назначения. С целью выявления возможных искажающих нагрузок мониторинг проводился два раза длительностью в одну неделю: в период дистанционного обучения и при аудиторной работе. Из стандартного перечня показателей качества электроэнергии согласно ГОСТ 32144-2013 особое внимание было уделено отклонениям и колебаниям напряжения, которые нормируются величиной дозы фликера и оказывают негативное воздействие на чувствительное электрооборудование [3].



Рисунок 2 – Оборудование для экспериментальных исследований: контактный термометр DT-914 (а), тепловизор Testo 871 (б), анализатор качества электроэнергии Fluke 434 (в)

Для исследования уровня запыленности воздуха в учебной аудитории был применен метод на основе контрольного марлевого фильтра, установленного в специально сконструированную камеру с принудительной циркуляцией воздуха (рис. 3). Экспериментальная установка была помещена в условия эксплуатации проектора сроком на 36 дней с контрольными периодами через каждые девять дней. Поскольку основной задачей исследования была предварительная оценка уровня запыленности, то контроль выполнялся путем периодического визуального осмотра фильтра с фотофиксацией.



а)



б)

Рисунок 3 – Экспериментальная установка для исследования запыленности аудитории: расположение основных элементов (а), внешний вид (б)

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе исследования теплового режима работы проектора было проведено более семидесяти измерений посредством специализированного оборудования. Измерения проводились при различных условиях и пространственных положениях проектора в процессе нагрева, установившейся работы и охлаждения оборудования.

Анализ полученных с помощью тепловизора термограмм (рис. 4) позволил определить зависимость температуры наиболее нагретой точки корпуса проектора от времени при цикле «нагрев-работа-охлаждение» (рис. 5). Наиболее нагретая точка соответствует месту расположения проекционной лампы. Анализ графика изменения температуры показывает, что процесс нагревания заканчивается через 35 мин после включения проектора. На сотой минуте эксперимента проектор был выключен, что привело к останову штатного вентилятора и, как следствие, кратковременному превышению температуры из-за тепловой инерции системы. Затем начался процесс охлаждения.

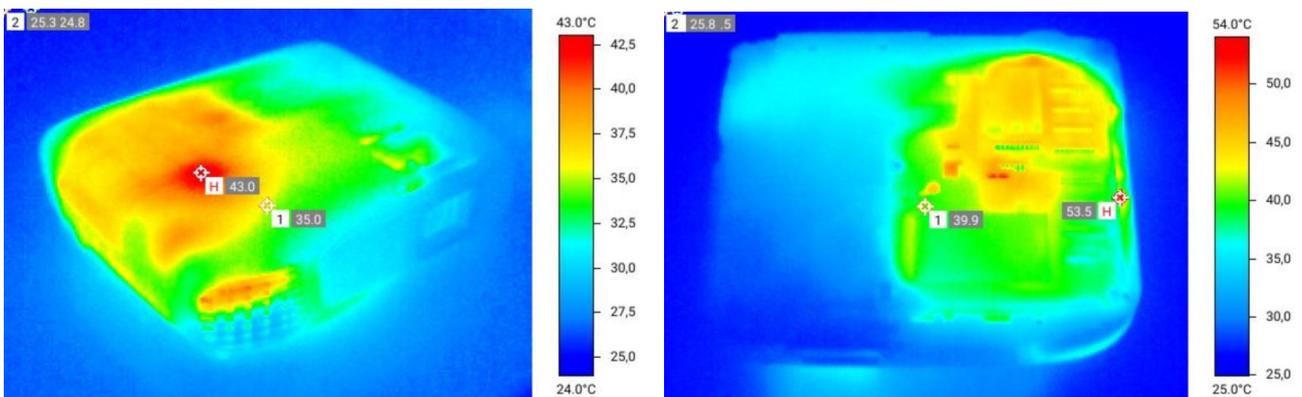


Рисунок 4 – Примеры измеренных термограмм корпуса проектора

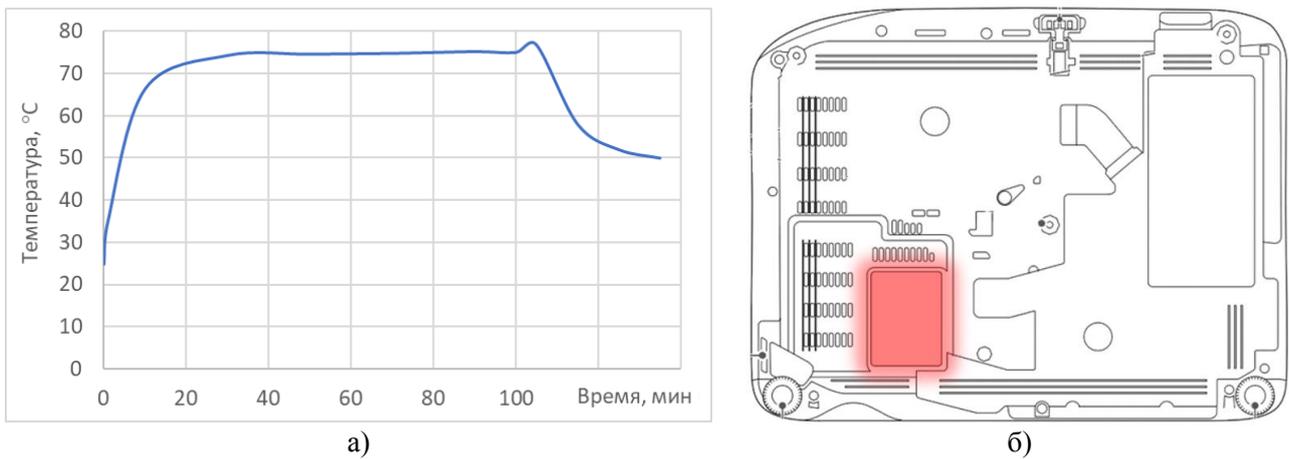


Рисунок 5 – Изменение температуры (а) и расположение наиболее нагретой точки проектора (б)

Для исследования влияния окружающего пространства на эффективность охлаждения были проведены измерения температуры при различном расстоянии от проектора до опорной поверхности. Для оценки тепловых конвекционных потоков производилось одновременное измерение температуры проектора и опорной поверхности (рис. 6). Результаты измерений показывают, что при удалении проектора от опорной поверхности, условия охлаждения улучшаются. В результате температура всех элементов системы понижается.

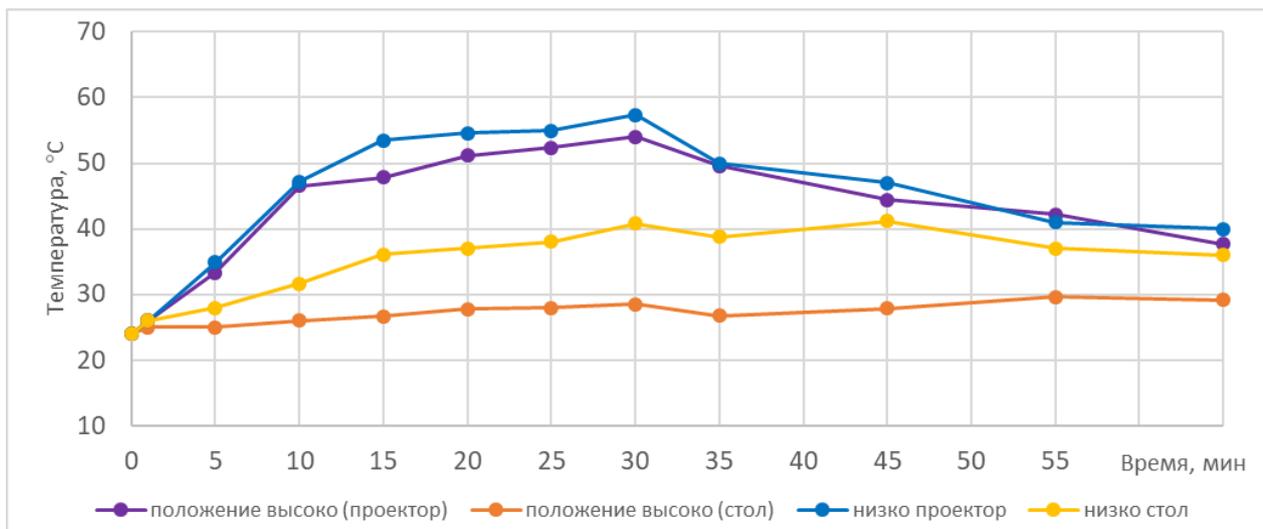


Рисунок 6 – Изменение температуры проектора и ограждающей конструкции при различном расположении оборудования

Следует отметить, что температурные показатели оборудования во всех моделируемых ситуациях оставались в пределах допустимых значений. Создание препятствий на пути основного конвекционного потока принудительной системы охлаждения приводило к увеличению температуры, что является опасным фактором для проекционного оборудования. Данный аспект необходимо учитывать при проектировании защитной оболочки. В качестве эффективных мероприятий по улучшению теплоотвода от нагретых элементов оборудования предложены дополнительные вентиляторы, системы с жидким теплоносителем [4], а также использование подложек из материалов с высокой теплоёмкостью [5].

Проведенные исследования качества электроэнергии в питающей сети не выявили отклонений от нормированных значений согласно ГОСТ 32144-2013 (рис. 7). Для оценки искажающих воздействий со стороны других электроприемников измерения проводились как в период активного использования электроустановок университета, так и в период дистанци-

онной работы, когда данные электроприемники не использовались. Следует отметить отсутствие существенных различий между результатами мониторингов.

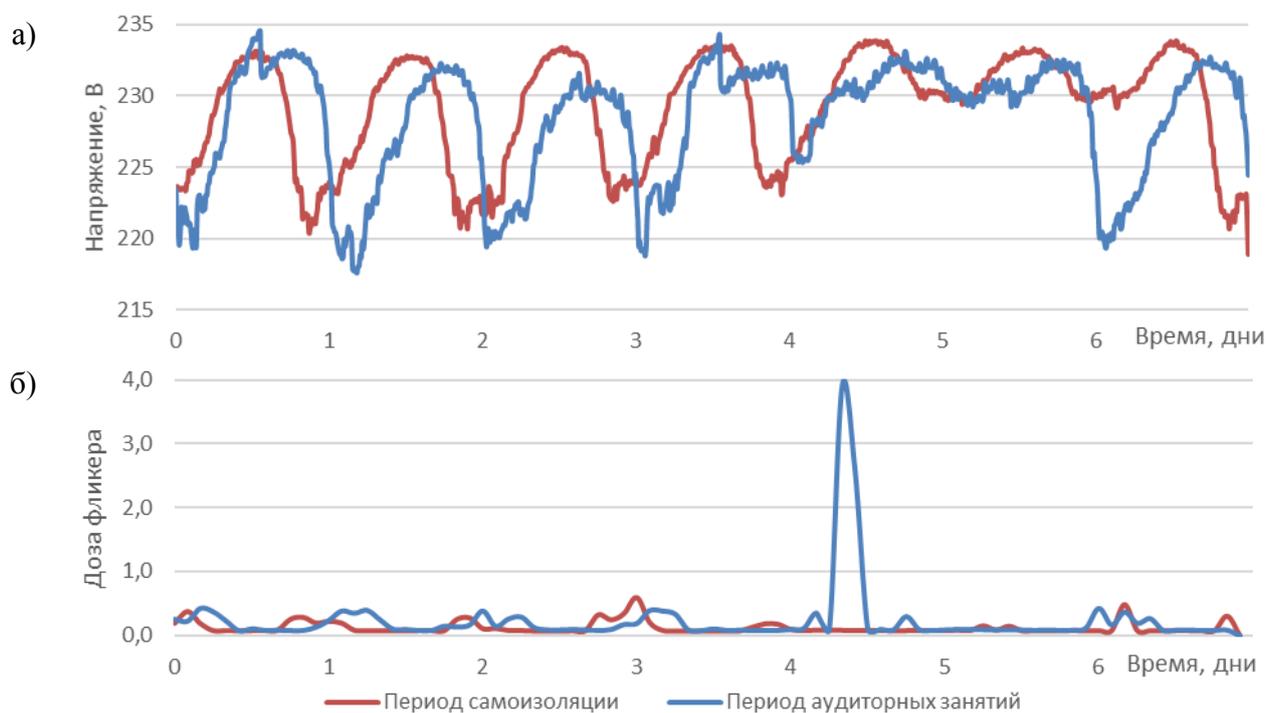


Рисунок 7 – Результаты мониторинга установившихся отклонений и колебаний напряжения

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что в системе электроснабжения имеют место суточные медленные изменения напряжения. Величина дозы фликера, характеризующая быстрые изменения (колебания) напряжения, большую часть времени была значительно меньше предельно допустимого значения (1,0). Однако был зарегистрирован один случай резкого падения напряжения в электрической сети под влиянием внешних факторов. Возможность прерывания или исчезновения напряжения должна быть принята во внимание при разработке решений по защите проекционного оборудования.

В целях обоснования необходимости использования средств защиты от проникновения пыли было проведено исследование запыленности воздуха в помещении. Специально сконструированная экспериментальная установка обеспечивала циркуляцию воздуха через контрольный фильтр. Несмотря на сравнительно высокую проницаемость фильтра, уже спустя девять дней после установки его поверхность была существенно загрязнена. В ходе эксперимента загрязнение фильтра продолжало стабильно усиливаться (рис. 8). Поскольку аналогичный процесс происходит в проекторе при работе штатной системы охлаждения и пассивном осаждении пыли при выключенном состоянии оборудования, то актуальной является задача фильтрации воздуха либо создания защитной оболочки от пассивного запыления.

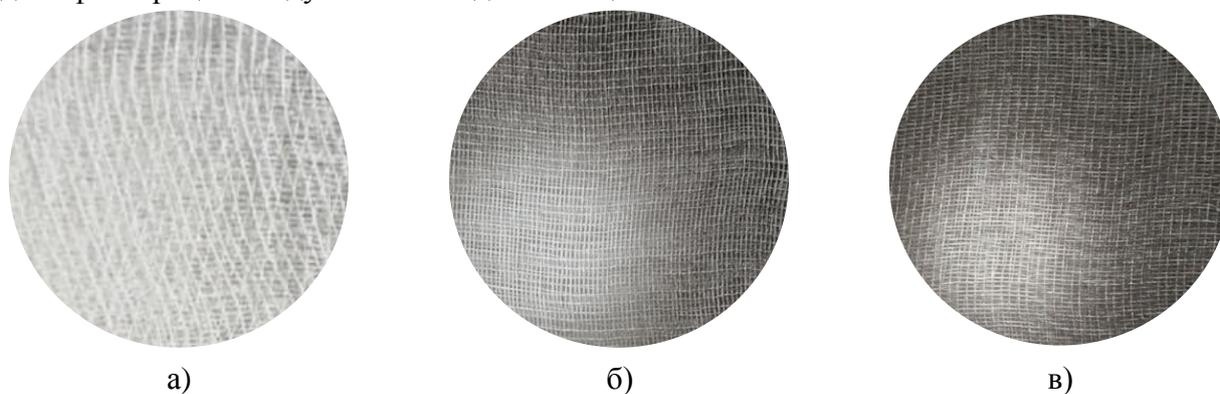


Рисунок 8 – Состояние контрольного фильтра: при установке (а), спустя 9 дней (б), спустя 36 дней (в)

В качестве активного решения по улавливаю пылин в ряде случаев применяются электростатические фильтры. Преимуществом данного типа фильтров является малое влияние на пропускную способность вентиляционного канала. В качестве перспективного технического решения для защиты проектора была предложена простая конструкция электростатического фильтра, работающего на напряжении 5,5 кВ (рис. 9). Результаты моделирования в программе Multisim [6] подтвердили работоспособность предложенного решения, однако целесообразность его внедрения в конструкцию защитной оболочки является вопросом для последующих изысканий ввиду сравнительно высокой стоимости и электроопасности.

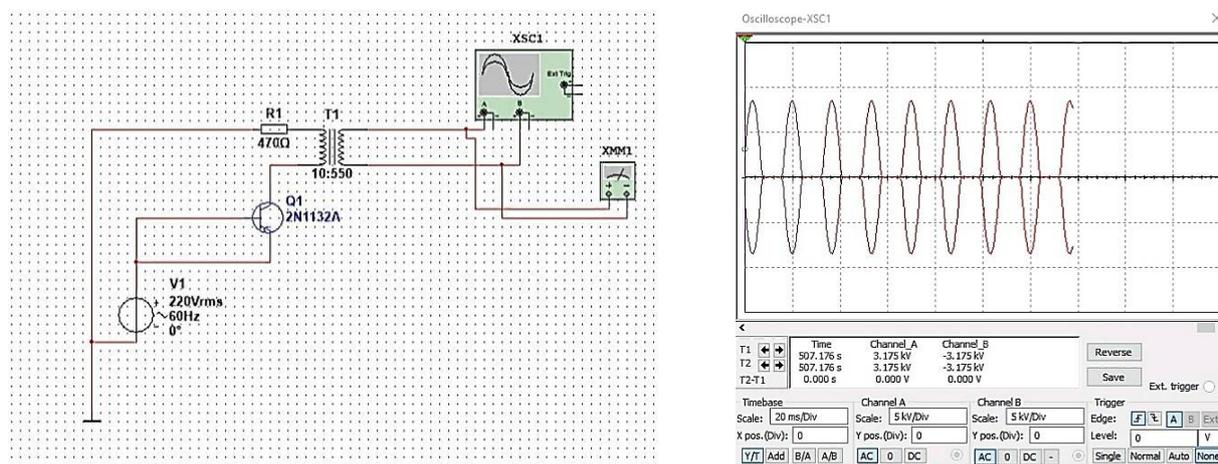


Рисунок 9 – Модель источника питания электростатического фильтра в программе Multisim

Поскольку ввиду сравнительно непродолжительного времени работы проектора в течение года большую актуальность приобретает его защита от пассивного запыления в нерабочем состоянии путем создания внешней оболочки. В то же время для обеспечения удобства эксплуатации данная оболочка должна легко удаляться при использовании проектора. В результате сравнительного анализа нескольких концептуальных вариантов было разработано решение в виде автоматизированной сдвижной крышки на решетчатом каркасе с электроприводом и системой управления. Основание с каркасом неподвижно устанавливается на настенном кронштейне и служит для размещения проектора. Верхняя крышка приводится в движение шаговым двигателем через передачу типа «зубчатое колесо – рейка» или «винт – гайка». При этом винтовая передача обеспечивает надежную фиксацию корпуса в закрытом положении, что в дальнейшем может быть использовано для антивандального исполнения системы. Выбор материалов конструкции зависит от необходимой степени защиты от повреждений и проникновений. В прототипе использован алюминиевый каркас и пенокартон.



Рисунок 10 – Модель защитной оболочки по типу сдвижного короба

Для управления защитной оболочкой предложена система с расширенным функционалом на основе микроконтроллера Arduino Nano (рис. 11). Основной функцией является управление движением защитного короба, дополнительными – управление развертыванием

проекторного экрана, защита минимального напряжения, защита от преждевременного снятия питания при неправильной эксплуатации.

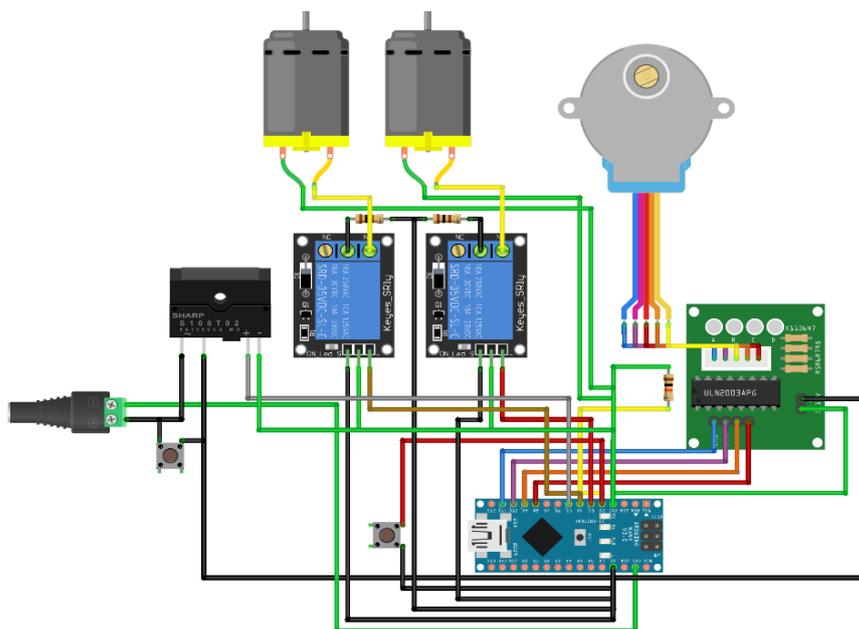


Рисунок 11 – Принципиальная схема системы управления защитной оболочкой

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ позволил определить пылевое воздействие как основной негативный фактор при эксплуатации проекционного оборудования. Ряд проведенных изысканий по смежным направлениям позволил наметить менее актуальные, но перспективные направления развития защитных систем для проекционного оборудования.

Разработанная защитная система является современным, эффективным и недорогим решением. Система имеет широкий функционал и существенный потенциал для развития и модернизации, является масштабируемой и технологичной в производстве с применением аддитивных технологий и ЧПУ фрезерования.

Внедрение предложенной системы в образовательных учреждениях обеспечит защиту чувствительного оборудования от случайных механических повреждений, запыления и, как следствие, перегрева, а также ряда случаев неправильной эксплуатации оборудования.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каталог оборудования Epson [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://epson.ru/catalog/projectors/epson-eb-u42/?page=characteristics> (дата обращения: 26.04.2020)
2. Образовательные программы высшего образования ФГБОУ ВО «КГТУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://klgtu.ru/education/opb/opvo/bak/ee/index.php> (дата обращения: 26.04.2020)
3. Харитонов, М. С. Оценка фликера в системах электроснабжения при использовании светодиодных источников света / М. С. Харитонов, В. Ф. Белей // Промышленная энергетика. – 2017. – № 9. – С. 56–59.
4. Удельная теплоемкость металлов (2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/metally-i-splavy/udelnaya-teploemkost-metallor> (дата обращения: 26.04.2020)

5. Водяное охлаждение на основе хладагента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://usilitelstabo.ru/vodyanoe-ohlazhdenie-dlya-protссора.html/amp> (дата обращения: 26.04.2020)

6. Программный комплекс Multisim (2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ni.com>

## DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE SOLUTION FOR BEAMING EQUIPMENT PROTECTION

F. P. Gorkovsky, student,  
e-mail: [frgorkovskiy@mail.ru](mailto:frgorkovskiy@mail.ru),  
Kaliningrad State Technical University

E. S. Starostin, student,  
e-mail: [gogen99@list.ru](mailto:gogen99@list.ru)  
Kaliningrad State Technical University

M. A. Lysenko, student,  
e-mail: [markklg@mail.ru](mailto:markklg@mail.ru)  
Kaliningrad State Technical University

M. S. Kharitonov, Dr.Sc.(eng.), associate professor  
e-mail: [maksim.haritonov@klgtu.ru](mailto:maksim.haritonov@klgtu.ru),  
Kaliningrad State Technical University,

The paper represents the results of the study of the main factors that have a negative impact on the operation of beaming equipment. A number of promising directions for reducing hazardous impacts are considered. A comprehensive protective system is presented that minimizes operator interaction with beaming equipment.

**Key words:** *beamer, filtration system, containment, power quality, control system, spatial modeling, prototyping*