

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра Электроника

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»

Зав.кафедрой к.т.н. проф. Конесбаева А.А.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

(подпись) « » 201 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Разработка системы контроля вибрации и би-
ений на базе программного комплекса LabVIEW

Специальность 5В071600 Трибостроение

Выполнил(а) Балахов Нарат Сапабекович Группа ТС-11-4
(Ф.И.О.)

Научный руководитель старший преподаватель Елеукиров Е.О.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

Консультанты:

по экономической части:

ст. прет. Трабиз А.А.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
(подпись) «18» сентя 2015 г.

по безопасности жизнедеятельности:

ст. прет. Бечимбетова А.С.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
(подпись) «27» июль 2015 г.

Нормоконтролер: к.т.н., профессор Конесбаева А.А.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

(подпись) «12» июне 201 г.

Рецензент: к.т.н. доцент Шумов В.А.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

(подпись) «12» июне 2015 г.

Алматы 201

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет Аэрокосмических и информационных технологий

Кафедра «Электроника»

Специальность 5В071600 - Приборостроение

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студенту Балакову Морану Сатабековичу
(Ф.И.О.)

Тема проекта Разработка системы контроля вибрации и биений на базе программного комплекса LabVIEW

Утверждена приказом по университету № 124 от «29» 09 201 4 г.

Срок сдачи законченного проекта «15» мая 201 5 г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов исследования (проектирования) и исходные данные объекта):

Датчик вибрации и система генерации и обработки сигнала двигателя, разработанные в LabVIEW

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломном проекте, или краткое содержание дипломного проекта:

1. Технологическая часть (понятие вибрации и методы ее измерения; датчики вибрации, принцип их работы)
2. Конструкторская часть (работа с LabVIEW; создание виртуального привода)
3. Программная часть (разработка блока управления)

4. Безопасность жизнедеятельности (расчет параметров помещения, выбор системы освещения рабочего места)
5. Технико-экономическое обоснование (расчет затрат на разработку продукта, себестоимости, возможной цены ПП)

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): в данной работе содержится 20 рисунков

- 1) схема датчика вибрации
- 2) амплитудно-частотная характеристика подвижной системы датчика вибрации
- 3) блок-схема процесса
- 4) блок диаграмм датчика и системы

Основная рекомендуемая литература:

1. Балицкий Ф.Л. Виброустойчивость. - М.: Машиностроение, 2005. - 187с.
2. Фролов К.В. Теория механизмов и машин: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1987 - 209с.
3. Трзвис О. LabVIEW для всех: Пер. с англ. - М.: ДМК Пресс, ПревьюКомплект, 2005. - 544с.

Консультации по проекту с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
ЭМН	Бригадировский И.И.	2003-14.05.15	И.И. Бригадировский
Эконом. расчет	Голубин И.И.		И.И. Голубин

ГРАФИК


подготовки дипломного проекта

[illegible]

Дата выдачи задания « 1 » феврале 201 5 г.

Заведующий кафедрой _____ (подпись) (Консбаева А.А.) (Ф.И.О.)

Научный руководитель
проекта

 (подпись) Смирнов С.О. (Ф.И.О.)

Задание принял к
исполнению студент _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Аннотация

Дипломная работа посвящена разработке системы контроля вибрации и биений на базе программного комплекса LabVIEW. Рассмотрены технологические и конструкционные вопросы, продемонстрирована модель виртуальной системы, проанализированы условия безопасной жизнедеятельности. Возможность и целесообразность внедрения разработанной системы подтверждена технико-экономическим расчетом.

Abstract

Thesis is dedicated to the development of vibration monitoring system and beat -based software package LabVIEW. The technological and structural issues, demonstrated the virtual system model, analyzed the conditions of safety. Ability and expediency of introduction of this project is confirmed with technical economic calculation.

Аңдатпа

Дипломдық жұмыс LabVIEW бағдарламалық комплексінің негізінде дірілдің және соққының бақылау жүйесін жасауға арналған. Техникалық және конструктивті сұрақтар қарастырылған, виртуалды жүйенің үлгісі көрсетілген, өміртіршілік қауіпсіздігі жағдайына сараптама жүргізілген. Жасалған жүйені орнатудың мүмкіндіктері мен абзалдығы техника-экономикалық есептермен негізделген.

Содержание

Введение	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Понятие вибрации. Методы измерения	8
1.2 Техническое нормирование вибрации	12
1.3 Датчики вибрации. Принцип работы	15
1.4 Амплитудно – частотная характеристика подвижной системы датчика вибрации	19
2 Конструкторская часть	23
2.1 Преимущества LabVIEW как SCADA-системы	23
2.2 Работа с главным меню LabVIEW	25
2.3 Представление лицевой панели	29
2.4 Создание виртуального прибора	31
2.4.1 Описание системы	32
3 Программная часть	35
3.1 Блок-схема процесса	35
3.2 Разработка блока диаграмм	36
4 Безопасность жизнедеятельности	40
4.1 Расчет параметров помещения лаборатории	41
4.2 Разработка мероприятий по производственной санитарии	41
4.2.1 Микроклимат	41
4.2.2 Выбор системы освещения рабочего места. Расчет искусственного и естественного освещения помещения	42
4.3 Вывод	49
5 Технико-экономическое обоснование	50
5.1 Обоснование необходимости разработки	50
5.2 Цели и задачи проекта	50
5.3 Расчет затрат на разработку продукта	50
5.3.1 Расчет трудоемкости и продолжительности работ	51
5.3.2 Расчет затрат на разработку ПП	52
5.4 Расчет себестоимости	56
5.4.1 Расчет возможной (договорной) цены программного продукта	56
5.4.2 Срок окупаемости	57
5.5 Вывод	57
Заключение	58
Список использованной литературы	59

Введение

В настоящее время производство зиждется на всевозможных двигателях. Это изобретение прочно вошло во все сферы жизни человечества. С увеличением их роли в системе производств, развитием сложных методов проектирования, все более важным становится вопрос повышения надежности и высокой отдачи в техническом использовании. Решение этого вопроса создаст высокий уровень производительности с минимизацией потерь, как технических агрегатов, так и физического урона работников, уменьшив при этом количество выходов агрегатов из строя и существенно повысив срок эксплуатации.

С развитием технической производительности двигателей наблюдается упадок в изнosoустойчивости материалов. Чем больше мощность агрегата, тем выше нагрузка, оказываемая на детали двигателя вибрацией. Вибрация является главным разрушающим фактором при эксплуатации двигателя, не считая техногенные разрушения и нагрузки. Поэтому долговечность использования агрегатов, в основном, определяется устойчивостью материалов к вибронагрузкам. Колебания и вибрации подвижных частей двигателя происходят по причине нарушения баланса, что может повлечь за собой сгиб ротора [1]. Таким образом, контролируя уровень вибрации двигателя, появляется возможность следить и управлять техническим состоянием агрегатов. Это и является основной задачей для систем анализа вибраций ротора.

По этой причине существует актуальная задача создания системы бесперебойного контроля и соответствующего анализа текущего состояния подвижных частей двигателя для дальнейшего устранения дефектов и неполадок. Помимо этого, есть возможность с помощью микропроцессоров реализовать алгоритмы, которые позволят не ограничиваться анализом состояния ротора, но и управлять процессом, если уровень допустимой нормы вибрации превышен.

Таким образом, цель работы - разработка модели двигателя и системы контроля исходящих от него вибраций и биений движущихся частей посредством датчика вибрации.

Чтобы достигнуть обозначенной цели были поставлены следующие задачи:

- изучение проблемы контроля измерения;
- анализ параметров биений и вибрации;
- анализ комплекса нарушений, возможность выявить которые можно по снятым данным с ротора;
- разработка средств измерения и анализа сигналов вибрации двигателя.

1 Технологическая часть

1.1 Понятие вибрации. Методы измерения

В настоящее время важным критерием успешного производства является непрерывная и отлаженная работа двигателей. А это невозможно без постоянного анализа работы и условий эксплуатации агрегатов. Наиболее значимым в этом направлении является анализ параметров периодических перемещений подвижных частей ротора или вибрации. Вибрация характеризуется частотой и амплитудой. Эти два фактора и определяют, насколько сильна вибрация в тот или иной момент времени в положении в пространстве.

Вибрацию можно определить как механические перемещения в пространстве механизмов и агрегатов, характеризующиеся частотой, колебательной скоростью, амплитудой и колебательным ускорением.

Вибрации подвергаются любые устройства и агрегаты, так или иначе задействованные в производстве самых разнообразных областей: в электронике полупроводников (при выращивании кристаллов происходит вибрация установок), в микроэлектронике (вибрация фотолитографических установок), в машиностроении (детонация станков и вибрация деталей), в автомобилестроении (контроль вибрации отдельных узлов автомобилей и всего автомобиля в целом), на железнодорожном транспорте (сенсоры приближения поезда), в энергетике (контроль вибрации лопаток турбин газа), в авиастроении (наблюдение за вибрацией турбин) и т.д. (рисунок 1.1).

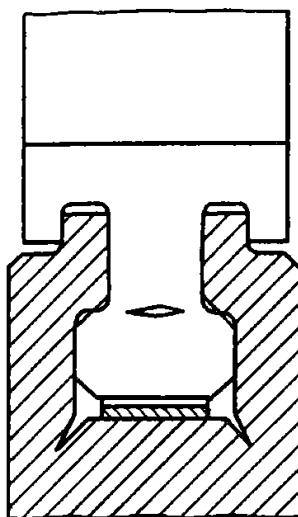


Рисунок 1.1 – Трещины длительной прочности в хвостовом соединении турбин 124 МВт

Нарушения, возникающие при вибрации, могут нанести физический урон эксплуатируемой аппаратуре, повлечь разгерметизацию устройств и сбой скоростных режимов, а в иных ситуациях и полностью вывести двигатели из строя. При работе в агрегатах возникает резонансная частота, и если она начнет перекликаться с частотой вибрации в одном диапазоне, это приведет к разрывам контактов, и как следствие возникает короткое замыкание [2].

В таблице 1.1 приведены примеры дефектов механизмов, вызываемые вибрацией.

Т а б л и ц а 1.1 – Дефекты механизмов, вызываемые вибрацией

Разбалансировка	Вала, шарниров направления, комплекс «ротор электродвигателя – ремень – рабочий вал».
Сбой оси вала	Раскол и смещение валов. Изгиб вала.
Слабая фиксация	Трещины рамы или каркаса. Расхождение элементов фиксации или крепежа.
Поломки электродвигателей	Неравный клиренс в звене «статор-ротор». Нарушение изоляционной обмотки. Слабая фиксация обмотки статора. Расхождение фазового напряжения.
Поломки направляющих муфт	Неравномерная раздача крутящего момента зацепляющими элементами.
Сбой насоса, устройств подачи воздуха	Кавитация. Разрыв цепи. Разрушение лопастей.
Разрушение зубчатых передач	Стертость зуба. Разрушение зуба. Зацеп при ударе. Несоосность валов.
Нарушение ременной передачи	Ременная стертость. Отсутствие натяжения. Несоосность шкивов. Ременной диссонанс.
Поломки подшипников фиксации	Разрушение. Задирание. Однобокая стертость шеи ротора. Проседание масляной пленки. Резонанс колебания.
Поломки подшипников движения	Резонанс тел качения, разделителя, внутреннего и внешнего колец. Качество смазки.

Но поломка рабочих агрегатов лишь часть проблемы. Воздействие производственной вибрации сказывается и на человеке. Она способна вызвать нарушения в функциональном состоянии организмов работников. Сбои состояния организма могут проявиться в нарушении внимания и концентрации, пониженным порогом усталости, замедленной реакции двигательного и зрительного характеров, нарушении координации движений, что вызвано длительным воздействием на вестибулярный аппарат. Нарушения могут быть и физиологического характера: развитие нервного тика, сбой в работе сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-

двигательного аппарата, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций органов внутренней секреции.

Таким образом, вибрация является неотъемлемой частью работы производственных машин, частью не несущей в себе развитие отрасли, потому как любой из элементов двигателя ограничен в своей вибростойкости. Например, способность к быстрому передвижению у предназначенных для этого роторных машин, ограничена стойкостью ротора и опор подшипников, наращивание производительности паровых и газовых агрегатов – вибрационными перемещениями крайних лопастей, конструирование мощных вертолетов – вибрациями основных лопастей, увеличение качества работы металлорежущих станков – колебаниями режущих элементов, производство наилучших по точности и надежности систем автоматического управления – вибрационными смещениями ее отдельных составляющих [3].

Диагностика объекта на вибрацию состоит из трех этапов: первоначальное описание ситуации с вибрирующими подвижными частями, определение признаков и выбор решения по устранению проблемы.

В ходе выделения признаков необходимо ограничить количество наблюдаемых характеристик именно вибрациями, толчками и шумом. Так как существует большое многообразие признаков, описывающих моменты вибрации, выбирают лишь те, что напрямую или косвенно описывают текущее положение двигателя. Согласно обозначенным характеристикам, составляется сетка параметров, которые будут использоваться при анализе. Предпочтение анализируемых характеристик вибрации варьируется в зависимости от видов исследуемых агрегатов, необходимых для анализа, амплитудного и частотного окна исследуемых вибраций. Для исследования виброперемещения наиболее часто работают с показателями низких частот, для виброскорости – на средних частотах, для виброускорения – на частотах высокого диапазона.

Если важно узнать индивидуальное отстранение элемента или его форму, то нужно исследовать перемещение вибрации. Если исследуется виброскорость, то подразумевается необходимость в проверке результативности колеблющихся механизмов, либо влияние вибрации на человека, т.к. этот фактор ответственен за силовой импульс и кинетическую энергию. А анализ ускорения вибрации необходим для отметки опасности объекта.

В бесконтактных измерителях реализуют кинематический метод измерения параметров относительной вибрации на основе использования оптических радиоволновых и других электромагнитных полей. Наибольшее применение в бесконтактной вибродиагностике находят оптические методы и средства измерения параметров вибрации, которые по способу выделения информации об измеряемом параметре делят на амплитудные и частотные. К амплитудным методам измерений относят фотоэлектронные, дифракционные и интерференционные методы измерения, а также методы с использованием пространственной модуляции светового потока.

Измерение параметров вибрации, основанное на измерении частоты излучения оптического квантового генератора, отраженного от объекта, проводят измерительными устройствами, действие которых основано на использовании эффекта Доплера.

Преобразователи значений вибрации в электрический сигнал делят на два класса: генераторные, преобразующие энергию механических колебаний в электрическую; параметрические, преобразующие механические колебания в изменение параметров электрических цепей, например, индуктивности, емкости, активного сопротивления, частоты или сдвига фаз и т.д.

Для вибродиагностики машин и механизмов используют в основном пьезоэлектрические и электродинамические преобразователи, относящиеся к генераторным, а также индуктивные, вихревые и емкостные, относящиеся к параметрическим.

Пьезоэлектрические преобразователи применяют для измерения параметров абсолютных колебаний, не вращающихся частей механизмов. Пьезоэлектрические преобразователи обладают высокими метрологическими свойствами, широким амплитудным и частотным диапазоном, высокой надежностью и сравнительно низкой стоимостью. Основными их недостатками являются высокое выходное сопротивление и низкая помехозащищенность. В меньшей степени эти недостатки свойственны пьезорезистивным преобразователям, относящимся к классу параметрических преобразователей.

Основными преимуществами вибродиагностики являются:

- возможность обнаруживать скрытые дефекты;
- получение информации о состоянии оборудования, находящегося в труднодоступных местах;
- проведение мониторинга и получение информации о дефекте еще на стадии его появления;
- малое время диагностирования.

Метод вибрационной диагностики основан на получении данных о вибрации. Любая вибрация содержит в себе гармоники различной частоты. Анализируя амплитуду этих гармоник, можно получить информацию о состоянии оборудования. Данные о вибрации собираются с помощью специального щупа, с помощью датчиков, закрепленных на оборудовании и т. д. (разные приборы используют разные методы получения данных).

Современные приборы для проведения вибродиагностики используют цифровой метод обработки информации, что дает возможность очень быстро получать результат измерений. Во многих случаях, например, при проведении вибрационного контроля на железнодорожном транспорте, оперативность получения информации является важным условием для своевременного предупреждения ситуаций, которые могут создать угрозу жизни и здоровью человека или материальному имуществу. Использование современных технологий связи дает возможность создавать системы, позволяющие

получать информацию одновременно со значительного количества датчиков, оперативно обрабатывать ее и предоставлять оператору [4].

Применение вибродиагностики:

Тепловая энергетика

- вибродиагностика турбоагрегатов тепловых электростанций различной мощности (включая 800 МВт) с приведением их к нормативно-техническим требованиям;

- вибродиагностика тепловых расширений турбин;

- вибродиагностика деформаций цилиндров низкого давления (ЦНД) паровых турбин, определение аномалий, вызывающих вибрации на подшипниках ЦНД;

- диагностика "кручения" ригелей фундаментов турбин;

- определение маневренных характеристик агрегата, улучшение режимов пусков и остановов;

- вибрационная диагностика турбоагрегатов (валопроводы, роторы турбин, опоры, фундаменты, роторы и статоры генераторов);

- динамическая балансировка валопроводов в собственных подшипниках и отдельных роторов на балансировочных станках с устранением сложных форм неуравновешенности;

- проведение сложных вибрационных исследований с применением модального анализа статорных систем (статоры турбоагрегатов, гидроагрегатов, сосудов, поверхностей нагрева и трубных систем).

Атомная энергетика

- контроль вибрации на турбоагрегатах атомных электростанций мощностью до 1000 МВт.

Гидроэнергетика

- комплексная вибрационная диагностика гидротурбин и гидрогенераторов.

Газовая промышленность

- вибродиагностика газовых турбин.

Химия, нефтехимия, металлургия

- вибродиагностика различного роторного оборудования.

1.2 Техническое нормирование вибрации

При техническом нормировании вибрации машин и оборудования можно нормировать как абсолютную вибрацию объекта контроля в нескольких точках на его неподвижных частях, так и относительную вибрацию вращающихся узлов. Верхний предел частоты нормируемой вибрации обычно не превышает 1000 - 2000 Гц. Нормировать можно и виброперемещение, отвечающее за деформацию, которая не должна выходить за пределы упругой деформации соответствующих узлов объекта контроля, и виброскорость, оказывающую прямое влияние на усталостную прочность этих узлов.

В процессе развития средств измерения вибрации появились электронные измерители абсолютного виброускорения, имеющие в своем составе электронные фильтры. Чтобы измерять ими виброскорость или виброперемещение, необходимо использовать интегрирующие фильтры, искажающие реальную форму сигнала и передающие без искажений только мощность (или среднеквадратическое значение) стационарной вибрации оборудования, работающего в установившемся режиме. Так как средства измерения абсолютного виброускорения стали в конце 20 века наиболее доступными, для обеспечения единства измерений вибрации в технике объекты контроля международными стандартами разделили на две группы - со стационарной и импульсной вибрацией. При этом для наиболее распространенного оборудования, работающего в установившихся режимах и не имеющего элементов ударного действия, нормы были установлены на среднеквадратичное значение измеряемой вибрации [5]. Ну а те, кто не успел перейти на новое нормирование, стали использовать новые средства измерения, гарантирующие правильное измерение среднеквадратичной вибрации, а для контроля вибрации по старым нормам ввели понятия «приведенных» пиковых значений и размахов, абсолютных виброскорости и виброперемещения, отличающихся от среднеквадратичных значений множителями, равными, соответственно, $\sqrt{2}$ и $2\sqrt{2}$.

Указанных проблем искажения формы вибрации не должно быть при контроле относительного виброперемещения узлов оборудования, если используются измерительные преобразователи виброперемещения (индуктивные, емкостные или вихретоковые). Поэтому относительная вибрация, в том числе пиковая, нормируется чаще всего в единицах виброперемещения. Не будет таких проблем и при измерении относительной виброскорости, если используются соответствующие измерительные преобразователи (радиоволновой или лазерный на основе эффекта Доплера), но на практике технические нормы на пиковую относительную виброскорость узлов оборудования не применяются.

При техническом нормировании вибрации оборудования учитываются тип оборудования, пространственная форма вибрации и влияние механических связей контролируемого оборудования с другими объектами, в частности с фундаментом.

Для каждого типа оборудования существуют свои стандарты на вибрацию. Кроме стандартов могут существовать ограничения производителя оборудования на вибрацию (требования технических условий), они могут дополнять, но не должны исключать требования стандартов [6].

Принципы учета пространственной формы вибрации достаточно просты, хотя далеко не всегда дают однозначный результат. Так, вибрация должна измеряться в нескольких контрольных точках оборудования в трех взаимно-перпендикулярных направлениях. С нормами необходимо сравнивать максимальное из всех измеренных в разных точках и по разным направлениям контроля значение. Для вращающегося оборудования этими точками контроля

являются опоры вращения (подшипниковые узлы). Проблема такого учета для вращающегося оборудования заключается в том, что ни на одно измерение не оказывают прямого влияния крутильные колебания ротора и реакция корпуса на эти колебания. Контролируются они только косвенно, через реакцию на крутильные колебания механизма в точках его крепления к фундаменту. Чтобы более полно учесть влияние крутильных колебаний валов на надежность агрегата, которые наиболее опасны в агрегатах с длинными валами, создаются специальные требования и используются специальные средства контроля крутильных колебаний.

Для учета механических связей объектов контроля друг с другом, например электродвигателя с приводимым им во вращение механизмом, предъявляются два вида требований по вибрации – отдельно на привод и на агрегат, включающий в себя привод и механизм, установленные на одну раму (фундамент). К вибрации привода, работающего на холостом ходу, предъявляются более жесткие требования. Для учета механических связей с фундаментными конструкциями объекты контроля делятся на две группы - с жесткими и упругими связями, и для каждой группы используются свои нормы на вибрацию. Критерием, по которым определяется тип связи (жесткая или упругая) является частота механического резонанса объекта на узлах его крепления к фундаменту, определяемая расчетным путем или экспериментально.

Еще один вопрос – учет скорости вращения машин и механизмов при нормировании их вибрации. Ведь уровень вибрации одной и той же машины при росте частоты вращения существенно растет. Так, в роторном оборудовании уровень вибрации чаще всего имеет квадратичную зависимость от скорости вращения. Да и влияние вибрации на ресурс узлов оборудования зависит не только от величины деформации элементов (относительного виброперемещения), но и количества циклов деформации в единицу времени (частоты колебаний). Однако в требованиях по вибрации частота вращения оборудования с узлами вращения учитывается только частично. Вращающееся оборудование делится по частоте вращения на две группы, а именно, от 120 до 600 об/мин (2 - 10 Гц) и выше 600 об/мин.[3]. Действующие нормы на вибрацию абсолютного большинства машин первой группы распространяются на результаты измерения ее уровня в полосе частот 2-1000 Гц, а второй группы – в полосе 10 - 1000 Гц. Решение отказаться при нормировании вибрации от более подробного учета частоты вращения оборудования принималось еще в середине прошлого века и диктовалось не только существовавшими ограничениями на разработку аппаратуры контроля и сложностью такого нормирования, но и необходимостью увязывать вопросы технического и санитарного нормирования вибрации. Кроме того, возможность предъявления более подробных и специальных требований к вибрации машин и оборудования сохранялась как за производителем оборудования, так и за эксплуатирующими организациями. В частности, для оборудования с частотами вращения ниже 120 об/мин существуют отраслевые

требования по вибрации, часть из которых доведена до стандартов, применяемых в отдельных странах. Существуют и расширенные требования для определенных видов машин и оборудования, в первую очередь высокооборотных, для которых нормируется вибрация в полосе частот с верхней граничной частотой выше 1000 Гц.

Решение о разделении вращающегося оборудования при нормировании вибрации на две группы по частоте вращения – до и после 600 об/мин стало причиной появления двух разных направлений в вибрационном мониторинге. Для вибрационного мониторинга низкооборотных машин при выходе вибрации на пределы допуска главная задача – диагностика неисправности, которая привела к росту вибрации, и ее устранение. Для вибрационного мониторинга высокооборотных машин при выходе вибрации за пределы допуска - проведение специального обслуживания по снижению вибрации (балансировка, центровка, усиление жесткости конструкций и фундаментов, устранение автоколебаний). Этот вид обслуживания часто называется виброналадкой. Причина такого разделения задач лежит в том, что вибрация высокооборотных машин в большинстве случаев недопустимо растет не из-за естественного износа и старения деталей и узлов, а из-за технологических отклонений в их изготовлении, наладке и эксплуатации.

Для большинства машин и оборудования нормы на вибрацию предъявляются к установившимся режимам работы, как на холостом ходу, так и при номинальной нагрузке. Но есть ряд машин, требования к вибрации которых предъявляются и в переходных режимах работы, прежде всего в режимах пуска, на которые приходится большинство аварий. Это машины, работающие в закритическом режиме работы, проходящие во время разгона зону резонанса ротора в опорах вращения. Как правило, это такие же нормы, как и в установившемся режиме работы, но с возможностью кратковременного нарушения, а измерение вибрации таких машин при пуске ведется либо многоканальной стационарной системой вибрационного контроля, либо многоканальной переносной системой, устанавливаемой на время пуска.

Все дополнительные задачи контроля вибрации технических систем, начиная с контроля за скачками вибрации и обнаружения трендов, характеризующих тенденции развития вибрации в целом и ее отдельных компонент, относятся к задачам различных систем мониторинга. Такие системы для многорежимных машин и оборудования, как правило, осуществляют параллельный с измерениями вибрации контроль режимов работы объектов и, в первую очередь, частоты вращения.

1.3 Датчики вибрации. Принцип работы

Датчик вибрации – прибор, позволяющий определять параметры вибрационных явлений. Наиболее часто датчики (виброметры) используются для определения:

- виброскорости
- виброускорения
- виброперемещения

Проще говоря, если вибрирующий объект считать простым осциллятором, то виброметр позволяет получить сведения как о базовых параметрах его колебаний (частота и амплитуда), так и, в некоторых случаях, получить спектральную характеристику колебательного процесса.

Общая схема датчика вибрации содержит два основных блока (Рисунок 1.2): вибропреобразователь (1) и электронный блок обработки (2).

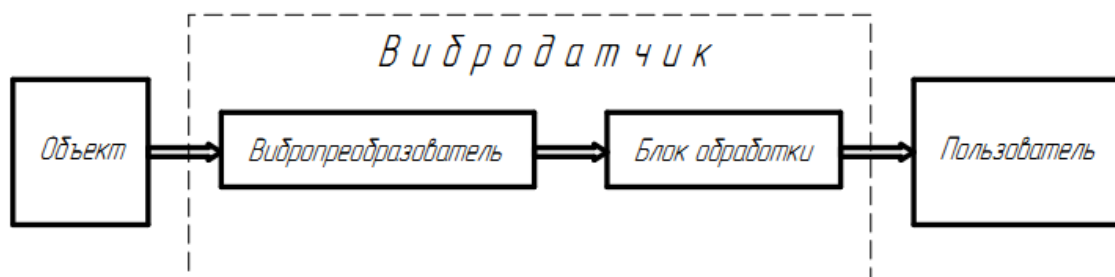


Рисунок 1.2 – Схема датчика вибрации

Функциональное назначение первого блока – преобразование механических вибраций в электрический сигнал. Механизмов преобразования несколько:

- пьезоэлектрический
- оптический
- вихретоковый
- индукционный

Механизм преобразования в значительной мере определяет как характеристики прибора, так и его стоимость.

Второй блок – электронный блок обработки – служит для «расшифровки» полученного сигнала. Как правило, на входе таких блоков стоит аналогово-цифровой преобразователь, и основная часть операций над сигналом производится уже в цифровом виде, что расширяет функциональные возможности процесса пост-обработки, улучшает помехоустойчивость и позволяет осуществлять вывод информации по внешнему интерфейсу.

При использовании на производстве стационарные виброметры могут входить в состав регулирующих систем в качестве датчиков обратной связи, для этих целей некоторые модели виброметров имеют аналоговый выходной сигнал.

Для получения комплексной характеристики вибрационного процесса в состав измерительной системы может быть добавлен спектроанализатор. Если спектроанализатор многоканальный – он может служить основой распределённой системы вибрационной диагностики, содержащей более одного вибродатчика.

В настоящее время большинство виброметров относится к одному из двух типов:

Оптический виброметр

Пьезоэлектрический виброметр

Оптический виброметр

В основу работы оптического виброметра подобно ультразвуковым датчикам перемещения положен эффект Доплера. Прибор обычно содержит лазерный источник излучения, приёмную оптическую схему, а также электронную схему обработки (Рисунок 1.3). При отражении излучения от неподвижного объекта длина волны принятого луча не отличается от истинной длины волны лазера. Если объект перемещается вдоль оси излучения, происходит сдвиг длины волны отражённого излучения на некоторую величину, значение и знак которой несут информацию о скорости и направлении движения объекта, а используемая в составе приёмного оптического модуля интерферометрическая схема позволяет определить эту величину. Таким образом, колебания отражающей поверхности модулируют частотный сдвиг, и электронная обработка этого сигнала модуляции позволяет получить параметры вибрационных колебаний.

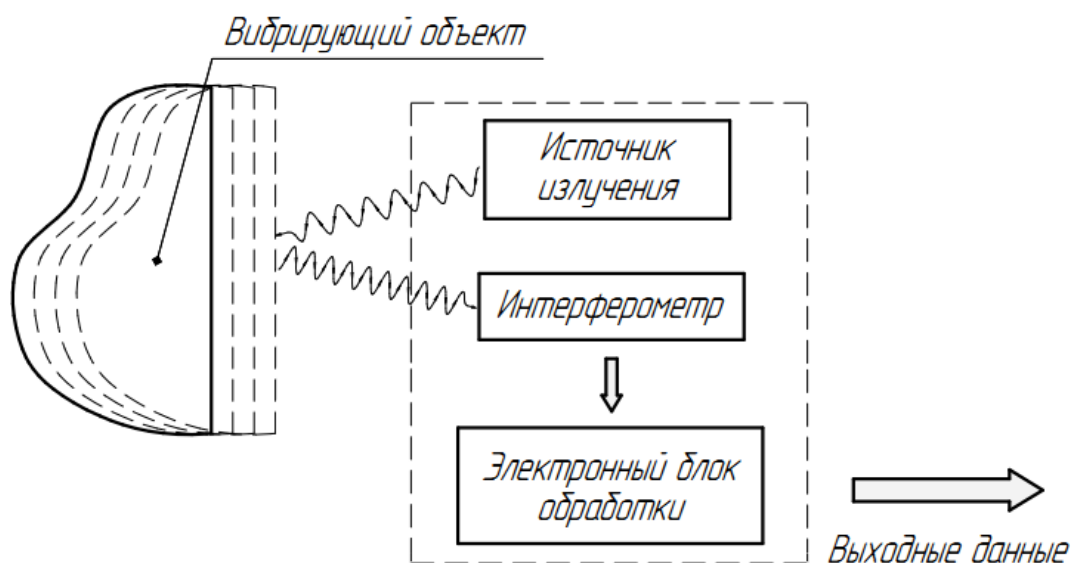


Рисунок 1.3 – Схема оптического виброметра

Несмотря на то, что в состав оптических виброметров входит источник лазерного излучения, такие приборы достаточно безопасны, поскольку за счёт высокой чувствительности приёмной оптической системы для проведения измерений достаточной оказывается весьма незначительная оптическая мощность.

Одним из основных достоинств оптических виброметров является то, что диагностика с их помощью может проводиться бесконтактно, при их использовании в стационарном измерительном комплексе требуется лишь однократная фокусировка на измеряемой поверхности. Кроме того,

устройства этого типа обладают высокой точностью и быстродействием, поскольку лишены подвижных элементов. К недостаткам можно отнести довольно высокую цену [2].

Пьезоэлектрический виброметр

В основу работы данного типа приборов положен пьезоэффект – явление возникновения разности потенциалов на пьезокристалле при его механической деформации. Внутри корпуса виброметра содержится инертное тело, подвешенное на упругих элементах, содержащих пьезоэлектрический материал (Рисунок 1.4). Если корпус прибора прикреплен к вибрирующей поверхности, упругие элементы регистрируют колебания инертного тела, которое не прикреплено непосредственно к корпусу, а потому стремится сохранять своё первоначальное положение. В целом, в данной конфигурации пьезоэлектрический виброметр есть не что иное, как акселерометр, и часто довольно сложно провести границу между этими видами чувствительных устройств.

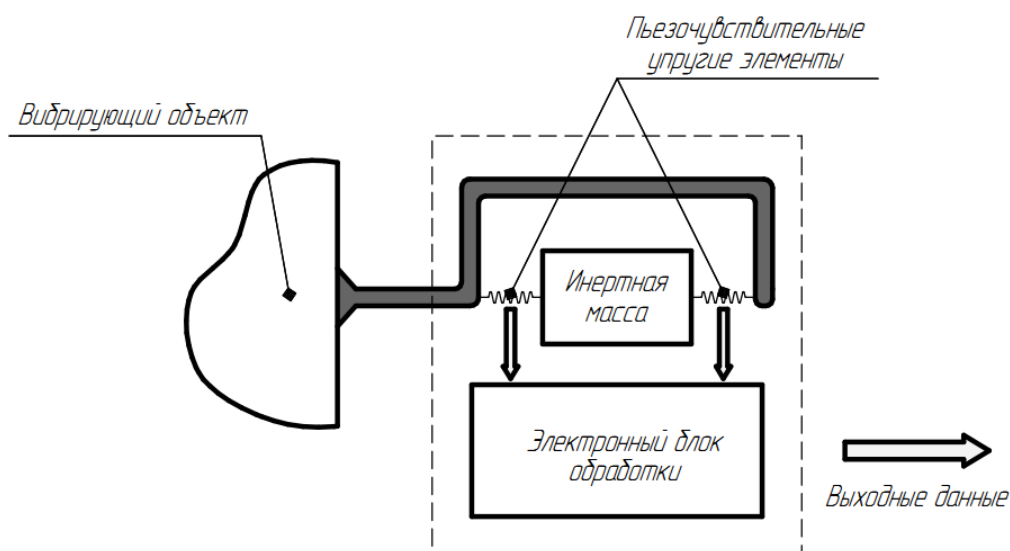


Рисунок 1.4 – Схема пьезоэлектрического виброметра

Электрический сигнал с пьезокристалла, как правило, подаётся на аналогово-цифровой преобразователь, и его обработка осуществляется в цифровом виде. В целом, как и в случае с оптическим виброметром, основным назначением приёмного чувствительного блока является преобразование вибрации в электрический сигнал, а характер его дальнейшей обработки определяется параметрами цифровой электронной схемы.

Основным недостатком этого класса приборов является необходимость соприкосновения чувствительной части с измеряемым объектом, что не всегда уместно в условиях производства. Кроме того, пьезоэлектрические приборы имеют, как правило, более узкий диапазон воспринимаемых частот, поскольку имеют механический тракт передачи вибрации, где максимальная частота определяется инертностью компонентов.

К достоинствам пьезоэлектрических виброметров можно отнести их относительно невысокую стоимость, а также относительно простое устройство, что обеспечивает надёжность и устойчивость к внешним воздействиям.

1.4 Амплитудно – частотная характеристика подвижной системы датчика вибрации

Приборы контроля вибраций обеспечивают измерение скорости или ускорения вибрации двигателя и выдачу сигналов повышенной или опасной вибрации в случаях повышения ее значения выше установленной нормы. Появление вибрации, внезапно возникшей и возрастающей, указывает на дефекты в двигателе. Такими дефектами могут быть разрушения приводов авиадвигателей, разбаланс роторов компрессора, разрушение лопаток турбины или компрессора и т.д. Раннее предупреждение дефектов в двигателе дает возможность избежать серьезных повреждений и происшествий.

Вибрационные колебания можно записать в виде следующей зависимости:

$$s_B = S_B \times \sin w_B \times t, \quad (1.1)$$

где s_B и S_B – текущее значение и амплитуда виброперемещения;
 w_B – круговая частота вибрации.

Помимо параметров s_B и S_B вибрационные колебания характеризуются виброскоростью V_B , виброускорением a_B , виброперегрузкой n_B , частотой f_B :

$$V_B = \frac{d \times s_B}{d \times t} = S_B \times w_B \times \cos w_B \times t, \quad (1.2)$$

$$a_B = \frac{d \times V_B}{d \times t} = -S_B \times w_B^2 \times \sin w_B \times t, \quad (1.3)$$

$$n_B = \frac{a_B}{g} = \frac{f_B^2 \times s_B}{250}, \quad (1.4)$$

В виброметре любого назначения (Рисунок 1.5) датчиком служит преобразователь, состоящий из нескольких элементов.

Уравнение движения колебательной системы по рисунку 1.5 имеет вид:

$$\frac{d^2 \times x}{d \times t^2} + 2d \times w_0 \times \frac{dx}{dt} + w_0^2 x = \frac{d^2 \times s_B}{d \times t^2}, \quad (1.5)$$

где $d = \frac{k}{2} \sqrt{\frac{C_{\Sigma}}{m}}$ - коэффициент относительного затухания;

k – коэффициент демпфирования;

$w_0 = \sqrt{\frac{C_{\text{ж}}}{m}}$ – собственная круговая частота;

m – масса магнита;

$C_{\text{ж}}$ – жесткость пружины.

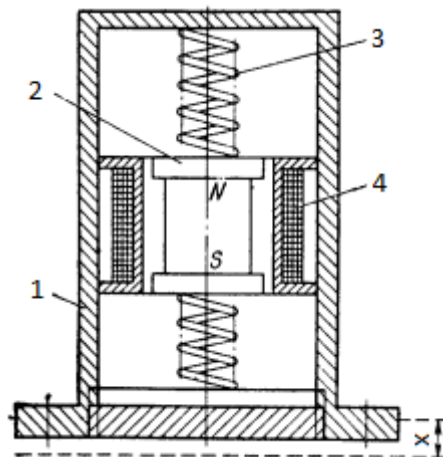


Рисунок 1.5 – Принципиальная схема датчика вибрации

Преобразователь, который служит датчиком вибрации, включает в себя вибрирующий корпус (1), инерционную массу – постоянный магнит (2), который соединен с корпусом через пружины (3).

Перемещения x корпуса вместе с катушкой (4) магнитоиндукционного преобразователя относительно упруго подвешенного постоянного магнита преобразуются в ЭДС на выходе катушки.

Амплитудно – частотная характеристика системы (Рисунок 1.6):

$$A = \frac{x}{x_{\max}} = \frac{v^2}{\sqrt{(1-v^2)^2 f^2 \times 4 \times d^2 \times v^2}}, \quad (1.6)$$

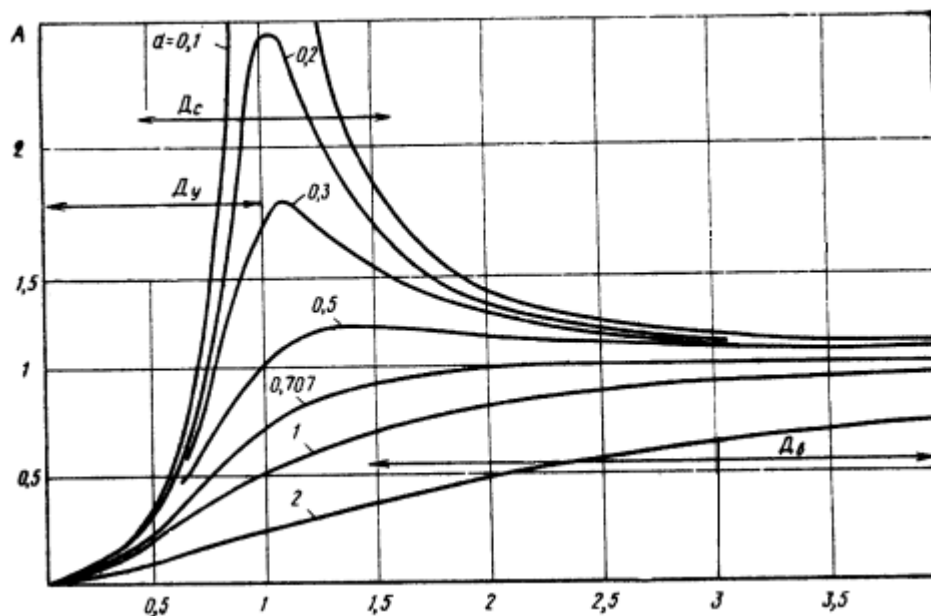
где $w = \frac{w_{\text{в}}}{w_0}$

Фазочастотная характеристика системы:

$$\varphi = \arctg \left(-\frac{2 \times d \times v}{1-v^2} \right), \quad (1.7)$$

Зависимость $A = f(v)$ для различных коэффициентов d приведена на рисунке 1.6. Диапазон измерения виброперемещения характеризуется тем, что при $v \gg 1$ величина $A \rightarrow 1$. Для реализации этого режима следует использовать пружину малой жесткости. Диапазон измерения виброускорения отличается тем, что в этом диапазоне ($v < 0,5$) рассматриваемая подвижная система превращается в акселерометр, измеряющий ускорение колебаний. Получить

данный режим можно, если взять пружину большой жесткости. Для измерения виброскорости в диапазоне $0,5 < \nu < 1,5$ скоростная сила, пропорциональная входному сигналу, должна быть больше позиционной и инерционной сил.



Δ_c – диапазон измерения скорости;

Δ_y – диапазон измерения ускорения;

Δ_v – диапазон измерения виброперемещений

Рисунок 1.6 – Амплитудно – частотная характеристика подвижной системы датчика вибрации

Датчик виброметра является дифференцирующим звеном, поэтому ЭДС на выходе магнитоиндукционного преобразователя пропорциональна скорости вибрации. Поскольку при гармонической вибрации виброскорость и виброускорение взаимосвязаны, при измерении вибрации на фиксированной частоте ЭДС на выходе магнитоиндукционного преобразователя зависит также от виброускорения.

В турбореактивном двигателе частота вращения ротора колеблется в определенном диапазоне в функции от требуемой тяги. Поэтому контроль вибрации ведется в некотором частотном диапазоне. Оценка уровня вибрации осуществляется по значению виброскорости. Скорость вращения вала винта в турбовинтовом двигателе практически не меняется, поэтому частота вибрации постоянна. Оценка уровня вибрации ведется по значению виброускорения.

В виброметрах скорости необходима полоса пропускания частот получается благодаря отрицательной обратной связи в двух каскадах усилителя. В виброметрах ускорения на выходе магнитоиндукционного преобразователя ЭДС имеет фиксированную частоту. Заданная полоса

пропускания в несколько единиц герц получается также с помощью отрицательной обратной связи в усилителе.

Основные погрешности авиационных виброметров определяются несовпадением направления вибрации с осью датчика, изменением магнитной индукции магнита за счет старения и температурных изменений, наличием трения в подшипниках и ошибками указателя. Основная погрешность измерителей вибрации не превышает $\pm 10\%$.

Для проверки виброметров используется переносная установка УПИВ. В проверку входят оценка работоспособности, градуировки канала измерения, исправности основных элементов. В условиях лабораторий для этих целей применяются вибростенды.

Для исключения влияния вибрации на результаты измерений целесообразно, чтобы $\nu = 3 \dots 5$, а A не должен превышать единицы. Это осуществляется с помощью амортизаторов как индивидуально для каждого прибора, так и группы приборов, когда на одном амортизированном основании располагается несколько указателей.

Датчик виброметра является дифференцирующим звеном, поэтому ЭДС на выходе магнитоиндукционного преобразователя пропорциональна скорости вибрации. Поскольку при гармонической вибрации виброскорость и виброускорение взаимосвязаны, при измерении вибрации на фиксированной частоте ЭДС на выходе магнитоиндукционного преобразователя зависит также от виброускорения.

В турбореактивном двигателе частота вращения ротора колеблется в определенном диапазоне в функции от требуемой тяги. Поэтому контроль вибрации ведется в некотором частотном диапазоне. Оценка уровня вибрации осуществляется по значению виброскорости. Скорость вращения вала винта в турбовинтовом двигателе практически не меняется, поэтому частота вибрации постоянна. Оценка уровня вибрации ведется по значению виброускорения.

В виброметрах скорости необходима полоса пропускания частот получается благодаря отрицательной обратной связи в двух каскадах усилителя. В виброметрах ускорения на выходе магнитоиндукционного преобразователя ЭДС имеет фиксированную частоту. Заданная полоса пропускания в несколько единиц герц получается также с помощью отрицательной обратной связи в усилителе.

2 Конструкторская часть

2.1 Преимущества LabVIEW как SCADA-системы

SCADA-система (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных) – система, предназначенная для контроля технических процессов и анализа собранной информации. Они предназначены для создания и поддержки непрерывности работы разнообразных систем сбора, анализа, сохранения и предоставления информации о протекающих процессах.

SCADA-система способна решать следующие задачи:

- обмениваться информацией с управляющим элементом через связующие устройства, т.е. связь между промышленным контроллером посредством драйверов;
- обрабатывать данные в текущее время;
- представлять информацию в простой для понимания человеком форме;
- вести базы данных настоящего времени со всеми технологическими данными;
- обрабатывать и создавать отчеты о ходе технологического процесса;
- осуществлять сетевую работу между SCADA ПК;
- обеспечивать и поддерживать связь внешними приложениями (СУБД, электронные таблицы, текстовые процессоры и т. д.).

Одним из представителей систем автоматического проектирования различных компьютерных контрольно-измерительных систем является язык LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), разработанный фирмой National Instruments [7]. Язык LabVIEW не похож на другие языки программирования. С его помощью создается не программа, как мы привыкли ее представлять, а виртуальный инструмент, предназначенный не только для моделирования тех или иных процессов, но и для управления аппаратными средствами и исследования реальных физических объектов. Достижения в области аппаратного и программного обеспечения компьютеров позволяют инженерам разрабатывать свои собственные приборы с учетом конкретных требований и более эффективно, творчески и свободно их применять. Все программы LabVIEW называются виртуальными приборами (ВП), так как функционированием и внешним видом они имитируют физические приборы [8]. ВП состоит из 3 основных частей: лицевой панели, блок-диаграммы и иконки с соединительной панелью.

Лицевая панель (Front Panel) представляет собой интерактивный пользовательский интерфейс виртуального прибора и названа так потому, что имитирует лицевую панель традиционного прибора. На ней могут находиться ручки управления, кнопки, графические индикаторы и другие элементы управления (controls), которые являются средствами ввода данных со стороны пользователя, а элементы индикации (indicators) — выходные данные из

программы. Пользователь вводит данные, используя мышь и клавиатуру, а затем видит результаты действия программы на экране монитора;

Блок-диаграмма (Block Diagram) является исходным программным кодом ВП, созданным на языке графического программирования LabVIEW, G (Джи). Блок-диаграмма представляет собой реально исполняемое приложение. Компонентами блок-диаграммы являются: виртуальные приборы более низкого уровня, встроенные функции LabVIEW, константы и структуры управления выполнением программы. Для того чтобы задать поток данных между определенными объектами или, что тоже самое, создать связь между ними, вы должны нарисовать соответствующие проводники (wires). Объекты на лицевой панели представлены на блок-диаграмме в виде соответствующих терминалов (terminals), через которые данные могут поступать от пользователя в программу и обратно.

Для того чтобы использовать некоторый ВП в качестве подпрограммы (подприбора) в блок-диаграмме другого ВП, необходимо определить его иконку (icon) и соединительную панель (connector). Виртуальный прибор, который применяется внутри другого ВП, называется, виртуальным подприбором (ВПП, SubVI), который аналогичен подпрограмме в традиционных алгоритмических языках. Иконка является однозначным графическим представлением ВП и может использоваться в качестве объекта на блок-диаграмме другого ВП. Соединительная панель представляет собой механизм передачи данных в ВП из другой блок-диаграммы, когда он применяется в качестве подприбора – ВПП. Подобно аргументам и параметрам подпрограммы, соединительная панель определяет входные и выходные данные виртуального прибора.

Виртуальные приборы являются иерархическими и модульными (modular). Вы можете использовать их как самостоятельные приложения (top-level programs), так и в качестве виртуальных подприборов. Согласно этой логике, LabVIEW следует концепции модульного программирования (modular programming). Вначале вы разделяете большую прикладную задачу на ряд простых подзадач. Далее создаете виртуальные приборы для выполнения каждой из подзадач, а затем объединяете эти ВП на блок-диаграмме прибора более высокого уровня, который выполняет прикладную задачу в целом.

Технология модульного программирования очень хороша, потому что вы можете работать с каждым ВПП по отдельности, что облегчает отладку приложения. Более того, ВПП низкого уровня часто выполняют задачи, типичные для нескольких приложений и поэтому могут использоваться независимо во многих отдельных приложениях [9].

В таблице 2.1 приведен ряд основных терминов LabVIEW и их общепринятых эквивалентов для традиционных языков программирования.

Т а б л и ц а 2.1 – Термины LabVIEW и их эквиваленты для традиционных языков программирования

LabVIEW	Традиционные языки программирования
Виртуальный прибор (ВП)	Программа
Функция	Функция или метод
Виртуальный подприбор (ВПП)	Подпрограмма, объект
Лицевая панель	Интерфейс пользователя
Блок-диаграмма	Программный код
G или LabVIEW	C, C++, Java, Basic и др.

Таким образом, процесс автоматизации с помощью SCADA-системы LabVIEW имеет ряд преимуществ по сравнению с другими системами:

- простота, понятность, наглядность исходного кода по сравнению с текстовыми языками программирования;
- возможность быстрого перепрограммирования (адаптивность);
- высокая точность и большое количество измерений;
- простота схемы автоматизированной системы контроля испытаний;
- различные способы представления и обработки результатов.

2.2 Работа с главным меню LabVIEW

Ниже имени файла расположено главное меню панелей, состоящее из пунктов: File, Edit, Operate, Project, Windows, Help. Ниже располагается панель управляющих клавиш.

Вот некоторые команды:

File → Close – закрыть файл. Выбор этой опции с передней панели позволяет закрыть файл виртуального инструмента в целом, а выбор этой же опции на панели блок-схемы убирает только одну панель блок-схемы.

Edit → Remove Bad Wires – удалить ошибочные соединения проводов.

Operate → Run – запуск программы.

Operate → Make Current Values Default – сделать текущие величины (источников, приемников) значениями по умолчанию. Опция позволяет сохранять численные значения, установленные пользователем, до следующего вызова программы. Если пользователь не выбрал эту опцию до сохранения файла, то при следующем вызове этого файла значения источников и приемников будут нулевыми.

Windows → Show Diagram – показать блок-схему (находится на передней панели).

Windows → Show Panel – показать переднюю панель (находится на панели блок-схемы).

Windows → Show Controls Palette – показать набор управляющих

элементов Controls передней панели.

Windows → Show Functions Palette – показать набор функций Functions (находится на панели блок-схемы).

Windows → Show Tools Palette – показать набор инструментов Tools (присутствует на обеих панелях).

Windows → Tile Left and Right.

Windows → Tile Up and Down – эти опции позволяют располагать панели справа и слева, сверху и снизу соответственно.

Help → Show Help – вызов окна помощи. Эта опция для вызова описания виртуального инструмента, функции или определения типа провода, а также для определения названия выводов виртуального инструмента. Для этого надо поместить конец провода «катушки» на тот вывод инструмента, название которого необходимо узнать, при этом будут мигать изображения обоих выводов – на блок-схеме и в окне помощи.

Help → Online Reference – вызов справочной системы LabVIEW.

Управляющие клавиши

Клавиша «Run» («Пуск») располагается в левом верхнем углу обеих панелей. После «нажатия» этой клавиши происходит запуск программы. Остановка выполнения программы должна быть предусмотрена самой программой. На этапе сборки блок-схемы или при наличии в ней ошибок изображение стрелки на клавише разделено на две части. Если «нажать» на клавишу при таком виде стрелки, на экран будет выведен список ошибок (Error List). Список ошибок позволяет найти место каждой ошибки. Для этого выделяют строку с интересующей ошибкой, нажимают кнопку «Find». Место ошибки будет выделено программой. Клавиша «Run Continuously» («Циклический режим») – запуск программы в режиме цикла. Выполнение можно приостановить клавишей «Pause» («Пауза»).

Клавиша «Abort Execution» («Стоп») – остановка программы.

Клавиши, присутствующие только на панели блок-схемы:

Клавиша «Highlight Execution» («Лампочка») – используется для наблюдения прохождения данных по проводам в замедленном и пошаговом режимах. Передача данных от элемента к элементу схемы изображается мультипликацией.

Остальные три клавиши используются для пошагового выполнения программы.

Наборы инструментов

Набор инструментов Tools (Show Tools Palette) позволяет изменить вид и позиции курсора. Основные позиции:

«Стрелка» – перемещение, выделение и изменение размеров объектов;

«Катушка» – соединение объектов блок-схемы проводами. Активный элемент – конец провода;

«А» – печать текста с клавиатуры, ввод числовых данных в окна источников и метки объектов;

«Кисть» – раскрашивание объектов и фона. Этот вид курсора не используется для вызова всплывающего меню объектов ПКМ (правой кнопки мыши);

«Рука» – изменяет позиции выключателя и тем самым управляет цифровыми источниками (нажимая на клавиши «больше» или «меньше»), виртуальными осциллографами (нажимая на переключатели и кнопки управления ими) и другими объектами. Также используется для ввода числовых данных.

Набор управляющих элементов Controls передней панели (Show Controls Palette) позволяет вывести на левую панель контрольно-измерительные приборы, виртуальные осциллографы, кнопки. При помещении курсора на окно набора в верхней части окна высвечивается название соответствующего поднабора (например, «Numeric» – «Цифровые приборы»). Поднабор открывается нажатием ЛКМ (левой кнопки мыши). Перемещая курсор по элементам поднабора, можно узнать название прибора. Элемент выделяется квадратной рамкой, его название отображается сверху поднабора.

Набор инструментов Functions панели блок-схемы (Show Functions Palette) содержит функции и виртуальные инструменты (VI), используемые для построения блок-схемы. Из набора Functions вызываются: управляющие структуры (циклы While, For), формульный узел (Formula Node) – Structures поднабор; преобразователи строк – String поднабор; приборы преобразования Фурье и линейной алгебры – Analysis поднабор и многие другие. Название функции или виртуального инструмента определяется аналогично набору Controls. Наборы Controls и Functions можно вывести, щелкнув ПКМ в любом месте передней панели и панели блок-схемы соответственно.

Элементы в LabVIEW имеют один или несколько выводов (терминалов). Схему терминалов позволяет рассмотреть опция Show→Terminals выпадающего меню объекта на панели блок-схемы. Все приборы передней панели имеют один вывод, большинство элементов панели блок-схемы (из набора Functions) – несколько. Вывод объекта, принимающий данные, будем называть входом. Вывод, который передает данные другим элементам, назовем выходом. Если объект только передает данные, то его называют источником. Его вывод является выходом. Объект, который только принимает данные – приемник. Вывод этого объекта – вход. Термины «источник» – «выход», «приемник» – «вход» однозначно соответствуют друг другу. Выходы элементов панели блок-схемы выделяются утолщенной линией.

В любом канале передачи данных все подключенные к каналу выводы объектов должны быть согласованы:

- по типу выводов;
- по типу передаваемых и принимаемых данных.

К каналу связи должен быть подключен только один источник, к одному источнику данных можно подключить неограниченное число приемников.

Соединение только одних приемников (или источников) признается программой ошибочным.

Для выделения проводов выбрать пиктограмму с изображением стрелки. Установите стрелочный указатель на участок провода, который необходимо удалить. Нажатием ЛКМ один раз выделяется один сегмент, двойным щелчком выделяется ветвь от узла до элемента, тройным – все разветвленное соединение.

Типы и проводники данных

В среде LabVIEW проводники данных используются для соединения многочисленных терминалов данных. Поля ввода/вывода должны быть совместимыми с типами данных, передаваемыми им по проводникам. Например, нельзя соединять поле вывода массива с полем ввода данных численного типа. Кроме того, характер соединения должен быть корректным. Проводники должны быть подсоединены лишь к одному источнику данных и, по крайней мере, к одному полю ввода данных. Например, нельзя соединять 2 элемента отображения. Компонентами, определяющими совместимость соединения, являются тип данных 8 элемента управления и/или отображения и тип данных поля ввода/вывода.

Типы данных

Нами используются следующие типы данных:

Numeric (численный тип)

Floating point — число с плавающей запятой, отображается в виде оранжевых терминалов. Может быть представлено в виде single (32 bit), double (64-bit) или extended (128-bit) precision (с одиночной, двойной или расширенной точностью). Число с плавающей запятой может быть комплексным.

Integer – целочисленный тип, отображается в виде голубых терминалов. Возможны три представления целых чисел: 8, 16 и 32 бита. Один бит может использоваться для знака числа, если это число является знаковым целым.

Boolean – логический тип, отображается в виде зеленых терминалов.

Логический тип может принимать только два значения: 0 (FALSE) или 1 (TRUE).

String – строковый тип, отображается в виде розовых терминалов.

Строковый тип данных содержит текст в ASCII формате.

Path – путь к файлу, отображается в виде терминалов. Путь к файлу близок строковому типу, однако, LabVIEW форматирует его, используя стандартный синтаксис для используемой платформы.

Array – массивы включают типы данных составляющих элементов и принимают соответствующий им цвет.

Проводники данных

Данные между объектами блок-диаграммы передаются по соединительным линиям – проводникам данных. Проводник данных аналогичен переменным в текстовых языках программирования. Каждый

проводник данных имеет единственный источник данных, но может передавать их ко многим ВП и функциям. Проводники данных различаются цветом, стилем и толщиной линии, в зависимости от типа передаваемых данных. Примеры основных типов проводников данных представлены в таблице.

Т а б л и ц а 2.2 – Проводники данных

Тип проводника данных	Одно значение	Одномерный (1D) массив	Двумерный (2D) массив	Цвет
Численный				Оранжевый (с плавающей точкой), голубой (целочисленный)
Логический				Зеленый
Строковый				Розовый

Автоматическое соединение объектов проводниками данных

В среде LabVIEW объекты соединяются проводниками данных после их помещения на блок-диаграмму. В автоматическом режиме среда LabVIEW подключает те поля ввода/вывода данных, которые наиболее совместимы, несовместимые поля остаются несоединенными. Если выбранный объект помещается на блок-диаграмме недалеко от другого объекта, среда LabVIEW показывает пунктирные временные проводники данных, намечающие области возможного соединения. Следует обратить внимание, что при отпускании кнопки мыши LabVIEW автоматически подключает проводник данных к полю ввода/вывода данных, выбранного объекта. Корректировка параметров автоматического подключения проводников осуществляется через пункты главного меню Tools → Options → Block Diagram.

2.3 Представление лицевой панели

Для конструирования виртуального прибора имеется палитра элементов, состоящая из набора стандартных элементарных приборов, с которыми можно создавать более сложные. Палитра элементов отображена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Палитра элементов для создания блок-диаграммы

Другая панель используется при создании лицевой панели. В ней содержатся цифровые наборы индикаторов и сенсоров, кнопок, переключателей, ламп, ручек, графических индикаторов и т. д. Эта панель инструментов показана на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Панель инструментов для создания лицевой панели

2.4 Создание виртуального прибора

1. Выбираем пункт главного меню File → New → VI, чтобы открыть новую лицевую панель.
2. Выбрать пункт главного меню Window → Tile Left and Right для вывода на экран рядом друг с другом лицевой панели и блок-диаграммы.
3. Создаем цифровой элемент управления. Он будет использован для ввода значений оборотов двигателя.
 - а) выбрать цифровой элемент управления в разделе палитры Элементов в подразделе Controls → Numeric (Числовые элементы). Для вывода на экран палитры Controls (Элементов) следует щелкнуть правой кнопкой мыши по рабочему пространству лицевой панели.
 - б) поместите цифровой элемент управления на лицевую панель.
 - в) в поле собственной метки элемента управления напечатаем «Двигатель» и щелкнем мышью в свободном пространстве лицевой панели. Если сразу после создания элемента не присвоить имя его собственной метке, то LabVIEW присвоит имя, заданное по умолчанию. Собственная метка в любое время доступна для редактирования, оно производится с помощью инструмента Ввод текста, показанного слева.
4. Далее создаем шкалу отображения данных. Она у нас выглядит в виде табла со стрелкой и используется для отображения количества оборотов в секунду. Выберите цифровой элемент отображения в палитре Элементов в подразделе Controls → Numeric (Числовые элементы).
5. Поместите элемент отображения данных на лицевую панель.
6. В поле собственной метки элемента управления напечатайте «Обороты» и щелкните мышью в свободном пространстве лицевой панели или нажмите кнопку Enter. На блок-диаграмме LabVIEW создаст терминалы данных, соответствующие элементам управления и отображения. Терминалы данных представляют тип данных соответствующих элементов.
7. Кнопку переключения выбираем из меню Buttons & Switches. В поле метки тоже подписываем элемент «Увеличение мощности» и щелкаем в свободном пространстве панели.
8. Вторая часть лицевого блока на панели создается аналогично (пункт 3). Только создается надпись «Датчик вибрации».
9. На панель датчика вибрации устанавливаем световой индикатор из меню LEDs, выбираем красный цвет из палитры, т.к. он свидетельствует о нарушении процесса, и подписываем «Поломка».
10. Устанавливаем столбцовую шкалу вибрации, находящуюся в палитре Элементов в подразделе Controls → Numeric (Числовые элементы), и градуируем от 1 до 100.
11. Выбираем необходимый тип осциллографа из меню Controls → Graph Indicators. По шкале абсцисс прописываем амплитуду, по шкале ординат – время.

2.4.1 Описание системы

Система контроля вибрации и биений была создана в программном комплексе LabVIEW. На лицевой панели можно видеть двигатель с подвижным ротором, рядом циферблат со шкалой для задания количества оборотов в минуту и переключатель для увеличения мощности двигателя. На второй половине панели можно видеть осциллограф, отображающий данные о вибрации, рядом с которым находится шкала, сигнализирующая о превышении допустимого уровня вибрации. Допустимым уровнем вибрации был взят показатель до 70% от номинальной величины. Если вибрация превышает этот уровень, загорается сигнальная лампа красного цвета, находящаяся в правом верхнем углу.

На рисунке 2.3 видна лицевая панель, где двигатель находится в выключенном состоянии.

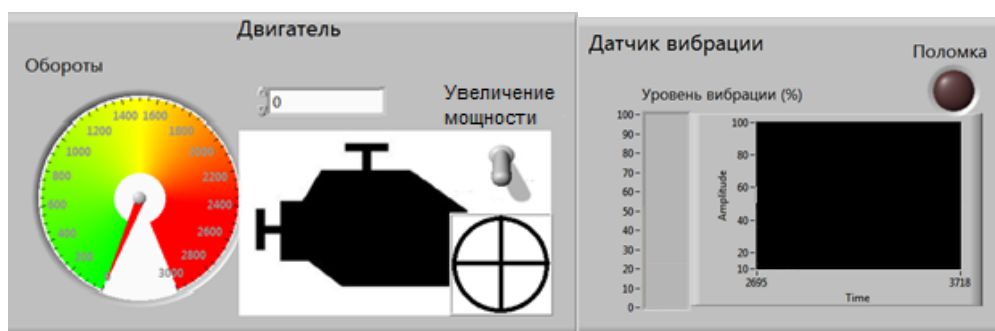


Рисунок 2.3 – Двигатель выключен

При включении двигателя на малых оборотах наблюдается вибрация в 12%, т.е. в допустимых пределах (Рисунок 2.4).

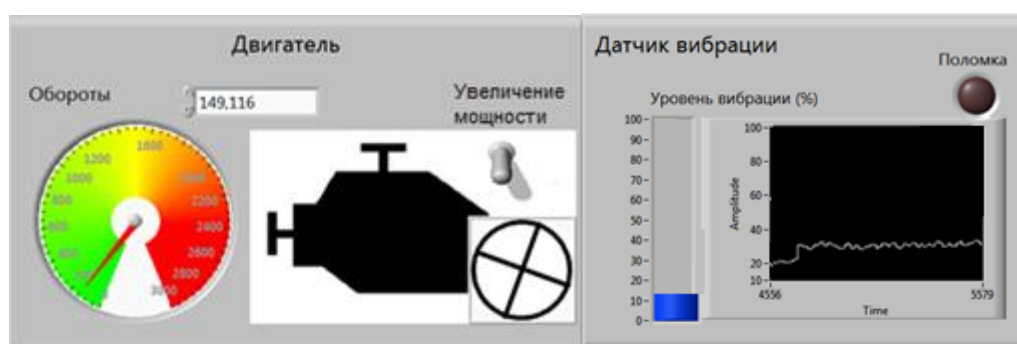


Рисунок 2.4 – Двигатель на малых оборотах

Двигатель, работающий на высоких оборотах, изображен на рисунке 2.5. Вибрация составляет 55%.

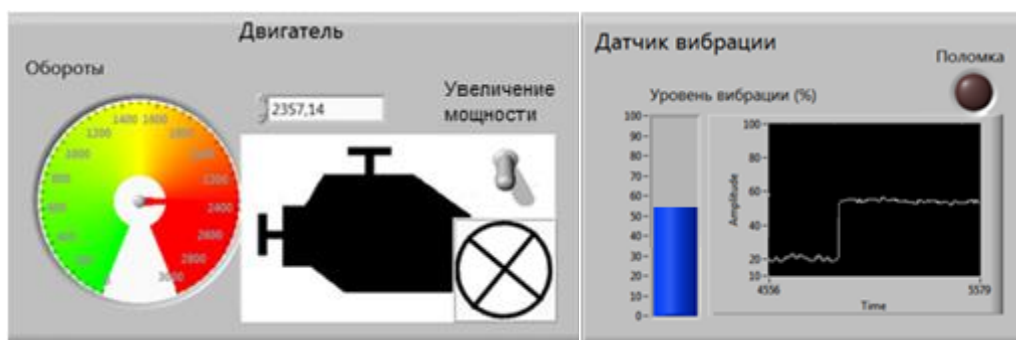


Рисунок 2.5 – Двигатель на высоких оборотах

Двигатель работает в среднем режиме, но с добавлением мощности. Поэтому допустимый уровень вибрации превышен, о чем свидетельствует загоревшаяся лампочка (Рисунок 2.6).

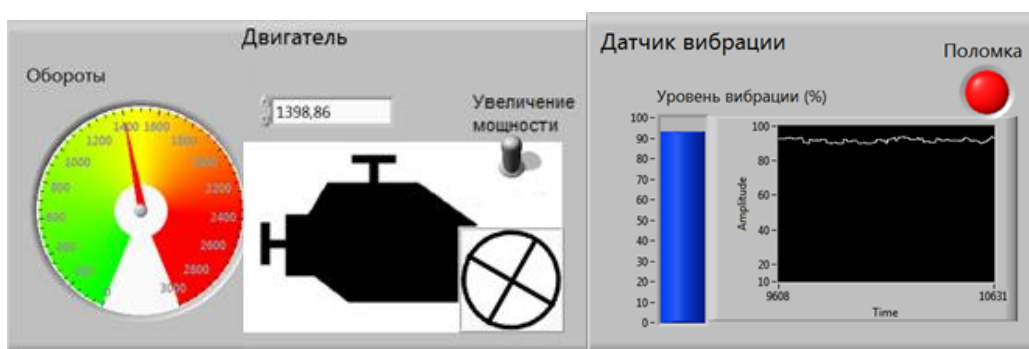


Рисунок 2.6 – Превышение уровня вибрации

При работе со значениями на тахометре и увеличении мощности можно получить разные сигналы на осциллографе (Рисунки 2.7-2.8).

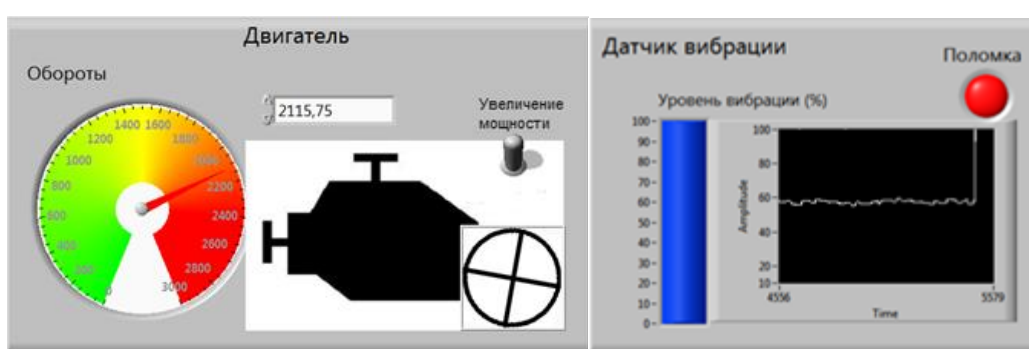


Рисунок 2.7 – Допустимый уровень вибрации превышен

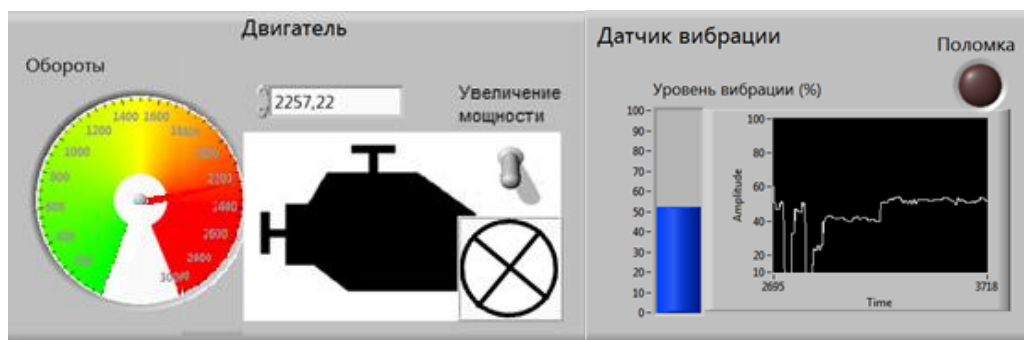


Рисунок 2.8 – Сигнал осциллографа при быстрой смене количества оборотов

Система контроля вибрации и биений была создана в программном комплексе LabVIEW. На лицевой панели можно видеть двигатель с подвижным ротором, рядом циферблат со шкалой для задания количества оборотов в минуту и переключатель для увеличения мощности двигателя. На второй половине панели можно видеть осциллограф, отображающий данные о вибрации, рядом с которым находится шкала, сигнализирующая о превышении допустимого уровня вибрации. Допустимым уровнем вибрации был взят показатель до 70% от номинальной величины. Если вибрация превышает этот уровень, загорается сигнальная лампа красного цвета, находящаяся в правом верхнем углу.

3 Программная часть

3.1 Блок-схема процесса

Представление технического процесса в виде блок-схемы очень удобно и облегчает визуальное восприятие [10].

Блок-схема алгоритма — графическое изображение алгоритма в виде связанных между собой с помощью стрелок и блоков — графических символов, каждый из которых соответствует одному шагу алгоритма. Внутри блока дается описание соответствующего действия. Сплошная линия отражает зависимости по управлению между символами и может снабжаться стрелкой [11].

Наша система контроля вибрации и биений состоит из 7 блоков и относится к разветвляющемуся типу алгоритмов (Рисунок 3.1).

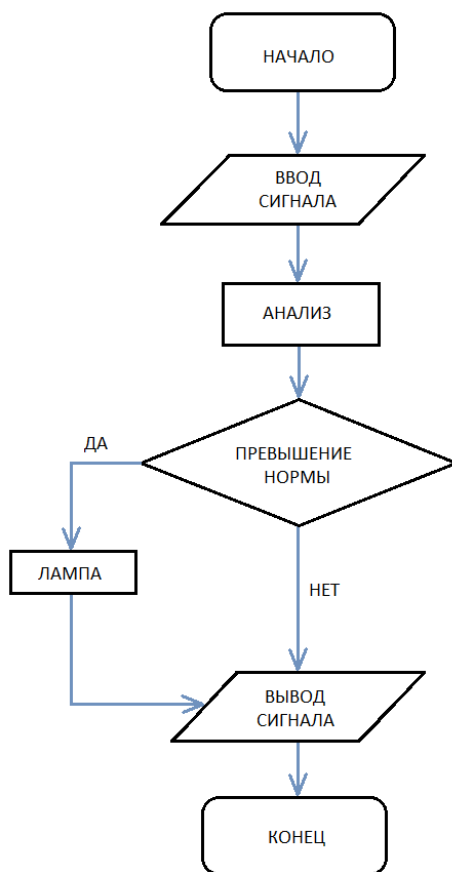


Рисунок 3.1 – Блок-схема процесса

1 и 7 блоки являются блоками начала и конца работы функции.

2 и 6 – операции ввода исходных данных и вывода результатов. Задача этих блоков – преобразование данных в форму, пригодную для обработки

(прием показателей с датчика, установленного на двигателе) или отображения результатов обработки (вывод соответствующего сигнала на осциллографе).

3 блок назван блоком анализа. Он выполняет операции над данными и применяется для обозначения действия или последовательности действий, изменяющих значение, форму представления или размещения данных [12].


4 блок в виде ромба имеет один вход и несколько подписанных выходов. Он иллюстрирует ветвление алгоритма. Этот блок имеет 2 выхода с обозначенными результатами “да/нет”, т.е. соответствует оператору ветвления. Если на условие «Превышение нормы» ответ утвердительный, то подается сигнал на лампу (блок 6) и она загорается, если отрицательный – то процесс продолжается без нарушений.

3.2 Разработка блока диаграмм

В программном комплексе LabVIEW была реализована модель двигателя, к которому был присоединен датчик вибрации с осциллографом и диаграммой уровня вибрации. В процессе создания системы понадобилось большое количество элементов, которые можно увидеть в блоке диаграмм. В процессе программирования были задействованы циклические алгоритмы (Структуры). Структуры являются графическим представлением операторов цикла и операторов Case (Варианта), используемых в текстовых языках программирования. Структуры на блок-диаграмме используются для выполнения повторяющихся операций над потоком данных, операций в определенном порядке и наложения условий на выполнение операций. Среда LabVIEW содержит пять структур: Цикл While (по условию), Цикл For (с фиксированным числом итераций), структура Case (Вариант), структура Sequence (Последовательность), структура Event (Событие), а также Formula Node (узел Формулы).


Рассмотрены структуры – Цикл While (по условию), Цикл For (с фиксированным числом итераций), а также функции, часто используемые с этими структурами, такие как Shift Register (сдвиговый регистр) и Feedback Node (узел обратной связи).


Прежде чем составить блок диаграмм, нужно пояснить каждый элемент, который мы использовали в ходе программирования системы.


 Цикл While находится в палитре Function → Structures. После того как цикл выбран в палитре Functions (Функций), следует с помощью курсора выделить часть блок-диаграммы, которую необходимо поместить в цикл. После отпускания кнопки мыши, выделенная область блок-диаграммы помещается в тело цикла. Блок-диаграмма цикла While выполняется до тех пор, пока не выполнится условие выхода из цикла. По умолчанию, терминал условия выхода имеет вид, показанный слева. Это значит, что цикл будет выполняться до поступления на терминал условия выхода значения TRUE. В этом случае терминал условия выхода называется терминалом Stop If True (Остановка если Истина). Так, на блок-диаграмме датчика вибрации (рисунок


3.1), условие выхода из цикла While определяется значением выходного параметра подпрограммы ВП большего 70.


 Терминал счетчика итераций, содержит значение количества выполненных итераций. Начальное значение терминала всегда равно нулю.


 Функция Wait Until Next ms Multiple, показанная слева, обеспечивает интервал между итерациями, равный интервалу времени, необходимому для того, чтобы миллисекундный счетчик достиг значения, кратного введенному пользователем. Эта функция используется для синхронизации действий. Функцию Wait Until Next ms Multiple вызывают внутри цикла для контроля скорости выполнения цикла.


 Шкала вращения ротора. Находится Representation → DBL (double precision).

 Двигатель. Для создания анимации движущегося ротора нам понадобились массивы (Array). Массивы объединяют элементы одного типа данных. Наш массив также содержит элементы графического представления данных. Меню массивов находится Functions → Array.

 Функция Random Number расположена в палитре Functions → Numeric. Эта функция будет генерировать случайное число в заданных пределах. Связав эту функцию с созданным массивом случайных чисел, мы ограничиваем генерацию чисел.

 Сигнальная лампа. Чтобы вызвать меню индикаторов нужно щелкнуть ПКМ → Create → Property Node → Indicator.

 Шкала уровня вибрации. Для создания шкалы необходимо щелкнуть ПКМ → Create → Property Node → Indicator.

 Осциллограф. Устанавливается осциллограф через нажатие Functions → Signal Analysis.

 Стоп. Вызывается через ПКМ → Arithmetic and Comparison → Boolean → True False Constant.



Рубильник добавления мощности. Находим через ПКМ → Arithmetic and Comparison → Boolean → True False Constant.

Для полноценной отладки потребовались вспомогательные элементы, большинство из которых можно найти, щелкнув ПКМ. Так, выбрав пункт Arithmetic and Comparison → Numeric, получаем Numeric Palette. Данные элементы послужили для ввода числовых значений для шкал, инструментов математических действий, структуры вариантов (Case Structure).



Структура вариантов (Case Structure) служит для имитации плавного изменения вибрации (2 элемента), имитации усиления мощности (1 элемент), для добавления зависимости от оборотов (1 элемент).

Сам датчик вибрации состоит из нескольких элементов. В него входят медиан-фильтр, шкала уровня вибрации, сигнальная лампа, осциллограф и кнопка Стоп, связанная с циклом While (Рисунок 3.2).

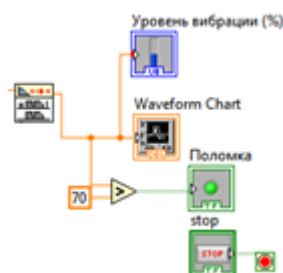


Рисунок 3.2 – Датчик вибрации

Таким образом, вся система контроля вибрации и биений в среде LabVIEW выглядит следующим образом:

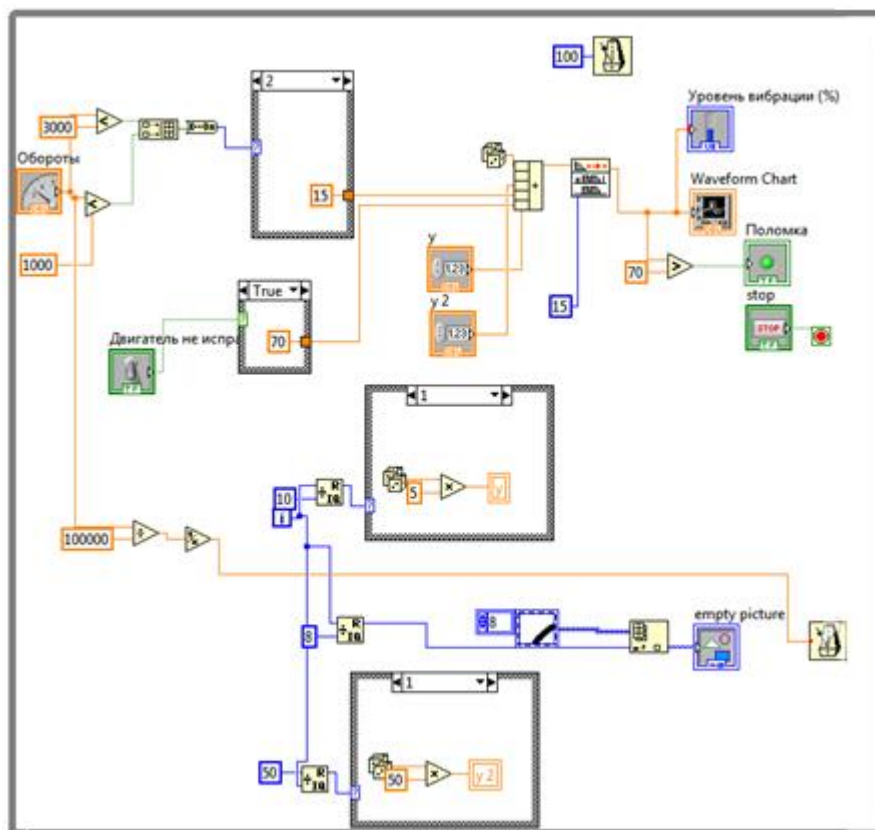


Рисунок 3.3 – Блок диаграмм системы контроля вибрации и биений на базе программного комплекса LabVIEW

4 Безопасность жизнедеятельности

Современная жизнь требует эффективных решений вопросов безопасности жизнедеятельности. Антропогенные нагрузки на человека составили отдельную статью помимо наличия угроз природной составляющей. К таковым можно отнести наличие электромагнитных полей, шумов, вибрации. Упадок здоровья и сокращение природных наделов привело к нарушению экологического баланса [13].

В данной дипломной работе проводится разработка системы контроля вибрации и биений на базе программного комплекса LabVIEW.

Безопасность жизнедеятельности – это действия, направленные на формирование условий работы и досуга человека без угрозы здоровью. Ее целью считается сведение к минимуму утрат социума при нахождении на рабочем месте, что подразумевает и несчастные случаи, и профессиональные заболевания [14].

Безопасность жизнедеятельности – это комплекс мер, направленный на сохранность жизни и поддержания нормального самочувствия сотрудников в период рабочего времени и за его пределами. Данный термин подразумевает наличие санитарно-гигиенических, социально-экономических, лечебно-профилактических, правовых, организационно-технических, реабилитационных и других мероприятий.

Технологические помещения, промышленные сооружения, оснащение и производственные процессы необходимо эксплуатировать и содержать согласно правилам, описывающим обеспечение здоровых и безопасных условий. При этом необходимо рационально и правильно использовать производственные помещения, обеспечивать защиту сотрудников от влияния небезопасных и вредоносных производственных условий, содержать рабочие места в строгой согласованности с санитарно-гигиеническими нормами и правилами, потому как основную опасность в трудовом процессе для работника профессиональные травмы и заболевания.

Значимое и требуемое свойство безопасности жизнедеятельности – ее системность и поддержка экономических и социальных составляющих юридически закрепленными нормами, а не только санитарно-гигиеническими, техническими, медицинскими и другими мерами. По этой причине охрана труда значится базисом социальной политики любого государства и социума, поэтому она стоит отдельной главой в трудовом праве, поэтому ее центральный тезис – формирование безвредных и этичных трудовых условий – определяется как один из основных конституционно узаконенных прав каждого индивида.

4.1 Расчет параметров помещения лаборатории

Основным видом работы в помещении лаборатории является разработка системы контроля вибрации и биений на базе программного комплекса LabVIEW. Данная система была создана и протестирована в лабораторном классе Б427, кафедры «Электроника». Для работы использовался ноутбук ASUS – Intel Core i7 – 2,3 GHz.

Площадь помещения лаборатории составляет 18 м^2 , при длине 6 метров и ширине 3 метра. Высота потолка в лаборатории равна 3,2 метра. Таким образом, объем помещения составляет $57,6 \text{ м}^3$.

Санитарные нормы устанавливают, что площадь помещения для работников из расчета на одного человека, следует предусматривать величиной не менее 6 м^2 , объем не менее 24 м^3 .

Если учесть, что в помещении лаборатории я нахожусь с преподавателем, то на каждого из нас приходится по $28,8 \text{ м}^3$ объема помещения и 9 м^2 площади.

Таким образом, это удовлетворяет установленным санитарным нормам.

4.2 Разработка мероприятий по производственной санитарии

4.2.1 Микроклимат

Микроклимат промышленных сооружений – обстановка с уклоном на метеорологическую составляющую помещения, определяемая комплексом показателей, среди которых, температура воздуха и окружающих рабочих поверхностей, специальной оснастки, теплового излучения, сырость и влажность воздуха, скорость его движения. Характеристиками, определяющими микроклимат, принято считать относительную влажность, температуру, насыщенность термического излучения. Микроклимат рассчитывают в зоне постоянной работы персонала, подразумевающей размеры до 2 метров в высоту над уровнем точек неизменного или же преходящего расположения сотрудников.

В помещении должны быть обеспечены наилучшие метеорологические условия, установленные согласно показателям по критериям положительного термического и рабочего состояния работника. Качественно подобранные метеорологические составляющие позволяют ощущать состояние постоянного комфорта во время рабочего дня и способствуют поддержанию стабильно высоких показателей труда. В помещении лаборатории параметры следующие:

- температура воздуха – $17 \div 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность – $32 \div 40 \text{ } \%$;
- скорость движения воздуха – не более 0.1 м/с .

В зависимости от энергозатрат организма предусмотрены 3 категории работ, измеряемых в ккал/ч. Мой вид работы относится к легкой физической (1а), т.к. производится, в большей степени, сидя и не требует значительного

физического напряжения, с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/час [14]. Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте для категории 1а приведены в таблице 4.1.

Т а б л и ц а 4.1 – Допустимые значения характеристик метеоусловий в рабочей зоне производственного пространства

Период года	Класс работ	Т воздуха, °С	Т поверхностей, °С	Скорость движения воздуха, м/с, не более	Относительная влажность воздуха, %, не более
Холодный	1а	21-25	18-26	0,1	75
Теплый	1а	22-28	19-29	0,1-0,2	55

Вывод: температура поверхностей и скорость движения воздуха не превышают допустимых величин. Температура воздуха в рабочем помещении в холодное время года поддерживается в диапазоне от 17 до 23°С, в теплое – от 20 до 25°С. Влажность составляет 32-40%. Следовательно, в помещении соблюдаются допустимые микроклиматические условия.

4.2.2 Выбор системы освещения рабочего места. Расчет искусственного и естественного освещения помещения

4.2.2.1 Расчет естественного освещения

Помещение имеет размеры: длина – 6 м, ширина – 3 м, высота – 3,2 м. Высота рабочей поверхности над уровнем пола – 0,7 м, окна с размерами длина – 2,8 м, ширина – 2 м. В данном помещении потолок выбелен ($\rho=0,5$), стены окрашены в светло-голубой цвет ($\rho = 0,3$), напольное покрытие – линолеум коричневого цвета ($\rho = 0,2$).

Проверим, достаточна ли площадь окон в рабочем помещении $S=5,6 \text{ м}^2$ для нормального освещения помещения.

Общую площадь окон определяем по формуле (4.1) для бокового освещения [15]:

$$100 \times \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_n \times K_3 \times \eta_0}{\tau_0 \times r_1} \times K_{зд} \rightarrow S_0 = \frac{S_n \times e_n \times K_3 \times \eta_0 \times K_{зд}}{100 \times \tau_0 \times r_1}, \quad (4.1)$$

где S_0 – площадь светового проема в случае бокового освещения, м^2 ;

S_n – площадь пола помещения, м^2 ;

$$S_n = 6 \times 3 = 18 \text{ м}^2, \quad (4.2)$$

где e_n – нормируемый показатель КЕО;

K_3 – коэффициент резерва по таблице 3.11 [16]: $K_3=1,5$;

η_0 – световой показатель окна, принимаемый из таблицы 3.2 [16];

Необходимые расчеты для нахождения η_0 :

$$l = B - 1 = 3 - 1 = 2 \text{ м}, \quad (4.3)$$

где l – глубина помещения, при одностороннем освещении.

При одностороннем освещении глубиной помещения считается дистанция от внешней поверхности стены до расчетной точки, расположенной на расстоянии 1 м от стены, максимально отдаленной от светового проема.

$$\frac{L}{l} = \frac{6}{2} = 3, \quad (4.4)$$

Высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна:

$$h_{\text{расч1}} = 3,2 - 1 = 2,2 \text{ м}, \quad (4.5)$$

Используя полученные значения, из таблицы 3.2 [16] определяем световую характеристику окон $\eta_0 = 7,4$.

τ_0 – сплошной коэффициент светопропускания

$$\tau_0 = \tau_1 \times \tau_2 \times \tau_3 \times \tau_4 \times \tau_5, \quad (4.6)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала определим по таблице 3.3 [16]: для стеклопакета $\tau_1 = 0,8$;

τ_2 – коэффициент потерь света в стальных переплетах (двойные открывающиеся) таблица 3.4 [16]: $\tau_2 = 0,6$;

τ_3 – коэффициент потерь света в несущих конструкциях, при боковом освещении равен 0,8 по таблице 3.5 [16];

τ_4 – коэффициент потерь света в солнцезащитных устройствах по таблице 3.6 [16]: $\tau_4 = 1$.

τ_5 – коэффициент потерь света в защитной сетке, расположенной под фонарями, принимают равным 0,9,

Тогда:

$$\tau_0 = 0,8 \times 0,6 \times 0,8 \times 1 \times 0,9 = 0,346$$

r_1 – коэффициент увеличения КЕО в случае бокового освещения из-за света, отраженного от поверхностей помещения и подстилающего слоя, расположенного около здания, см. таблицу 3.9 [15].

Необходимые расчеты для нахождения r_1 :

Расстояние от исходной точки до внешней стены составляет 1,5 м;

Отношение расстояния расчетной точки от наружной стены к глубине помещения:

$$\frac{1,5}{2} = 0,75, \quad (4.7)$$

Соотношение глубины помещения l к высоте от уровня условной рабочей поверхности и верха окна:

$$\frac{l}{h_{расч1}} = \frac{2}{2,2} = 0,9, \quad (4.8)$$

Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_{пот} + \rho_{ст} + \rho_{пол}}{3} = \frac{50 + 30 + 30}{3} = 36,7\%, \quad (4.9)$$

Используя ранее полученные значения, определяем по таблице 3.9 [16] $r_1 = 1,15$.

$K_{зд}$ – коэффициент учета затененности оконных проемов рядом расположенными сооружениями по таблице 3.8 [16]:

$$\frac{P}{H_{зд}} = \frac{75}{5} = 15, \quad (4.10)$$

$K_{зд} = 1$.

Нормированные значения КЕО e_N для зданий, расположенных в различных районах, следует определять по формуле:

$$e_N = e_H \times m_N = 4,2 \times 0,75 = 3,15, \quad (4.11)$$

где N – номер группы обеспеченности естественным светом по таблице 3.1 [16].

e_H – значения КЕО по таблице 3.12 [16] для разряда зрительной работы II в;

m_N – коэффициент светового климата (ориентация световых проемов в наружных стенах зданий: Север), взятый из таблицы 3.1 [16];

$N = 4$.

Подставим все значения в расчетную формулу:

$$100 \times \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_H \times K_3 \times \eta_0}{\tau_0 \times r_1} \times K_{зд} \rightarrow S_0 = \frac{S_n \times e_H \times K_3 \times \eta_0 \times K_{зд}}{100 \times \tau_0 \times r_1}$$

$$S_0 = \frac{18 \times 4,2 \times 1,5 \times 7,4 \times 1}{100 \times 0,346 \times 1,15} = 21,09 \text{ м}^2$$

Найдем площадь окон с одной стороны:

$$S_{ок} = \frac{S_0}{2} = \frac{21,09}{2} = 10,545 \text{ м}, \quad (4.12)$$

Тогда длина окна будет равна:

$$L_{ок} = \frac{S_{ок}}{4} = \frac{10,545}{4} = 2,63 \text{ м}, \quad (4.13)$$

Таким образом, для обеспечения необходимой освещенности в лаборатории были рассчитаны площадь боковых световых проемов, необходимой для создания нормируемой освещенности на рабочих местах для разряда зрительной работы II, в. Потому как при проектировании естественного освещения площадь световых проемов рабочего помещения, обеспечивающих нормированное значение КЕО в соответствии с требованиями СНиП РК 2.04-05-2002 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования», является больше реальной площади окон, то в дневное время суток дополнительно необходимо использование искусственного освещения.

4.2.2.2 Расчет искусственного освещения

Верно рассчитанное и созданное согласно всем правилам освещение производственного пространства способствует позитивному влиянию на сотрудников, развивает хорошую результативность и безвредность труда, минимизирует усталость и количество производственных травм, поддерживая высокий показатель труда.

Целью анализа световых показателей для искусственного освещения значится расчет необходимых мощностей электроосветительных агрегатов, для формирования требуемой степени освещения.

Основные размеры помещения приведены в таблице 4.2.

Т а б л и ц а 4.2 – Габариты помещения

Длина, м	Ширина, м	Высота, м
6	3	3,2

Для выбора осветительного комплекса производственных зданий общих целей используют системы общего (равнораспределенного или концентрированного) и смешанного (сплошного и поместного) освещения. Выбирая между равнораспределенным и концентрированным способом освещения, учитывают индивидуальность производственных явлений и локацию специального технического оснащения. Смешанное освещение уместно в помещении, где протекают работы высокого класса зрительной точности. Недопустимо использование только местного освещения в любых рабочих помещениях.

В этой расчетной статье ведется вычисление сплошного равнораспределенного освещения.

Световые источники, которые применяются в искусственном освещении, делятся на два типа – газоразрядные лампы и лампы накаливания.

Обычно, для сплошного общего типа освещения используют газоразрядные источники света, т.к. они экономичнее и более

продолжительны в эксплуатации. Самыми популярными можно считать люминесцентные лампы. Рассматривая состав спектра видимого потока света, принято различать лампы дневного света (ЛД), дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), холодного белого (ЛХБ), тёплого белого (ЛТБ) и белого цвета (ЛБ). Максимально широкое применение среди перечисленных нашли лампы белого света. Если возникает потребность в высокой передаче цветов, то используются типовые лампы ЛХБ, ЛД, ЛДЦ. Тип лампы ЛТБ применим при требовании к четкой цветопередаче человеческого лица.

Помимо газоразрядных люминесцентных ламп (низкого давления) находят свое применение лампы газоразрядные высокого давления, к примеру, тип ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные), используемые при освещении помещений 6-10 метров в высоту.

Если нет возможности использовать газоразрядные лампы, используются лампы накаливания.

Определяя необходимый тип светильников нужно учесть требования к светотехнике, определяющие экономические факторы и ситуацию с рабочей средой.

Самыми популярными среди всех типов светильников для люминесцентных ламп считаются:

Открытые двухламповые светильники типа ОД, ОДОР, ШОД, ОДО, ООД – эксплуатация в помещениях с высокой отражательной способностью потолка и стен, применимы при наличии небольшой влажности и запылённости.

Светильник ПВЛ с мощностью ламп 40 Вт определяется как пылевлагозащищённый, допустим к использованию в пожароопасных помещениях.

При общем освещении закрытых сухих помещений используются плафоны потолочные:

Л71Б03 – мощность ламп 10×30Вт;

Л71Б84 – мощность ламп 8×40Вт.

Установка светильников в помещении корректируется перечисленными параметрами, м:

H – высота помещения = 3,2 м;

h_p – высота рабочей поверхности над полом = 0,8 м;

Высота подвеса = 3,2 м.

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес) = 0.

$$h_n = H - h_c, \quad (4.14)$$

где h_n – высота светильника над полом.

Рассчитаем высоту светильника над рабочей поверхностью:

$$h = h_n - h_p = 3,2 - 0,7 = 2,5 \text{ м}, \quad (4.15)$$

где h – расчётная высота светильника над рабочими поверхностями.

Изобразим план помещения согласно масштабу и исходным данным, указав размещение и количество ламп.

Расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda \times h = 1,4 \times 2,5 = 3,5 \text{ м}, \quad (4.16)$$

I расстояние от дальних источников или рядов до стены:

$$I = \frac{L}{3} = \frac{3,5}{3} = 1,17 \text{ м}, \quad (4.17)$$

Размещаем 2 светильника. План размещения светильников в помещении изображен на рисунке 4.1.

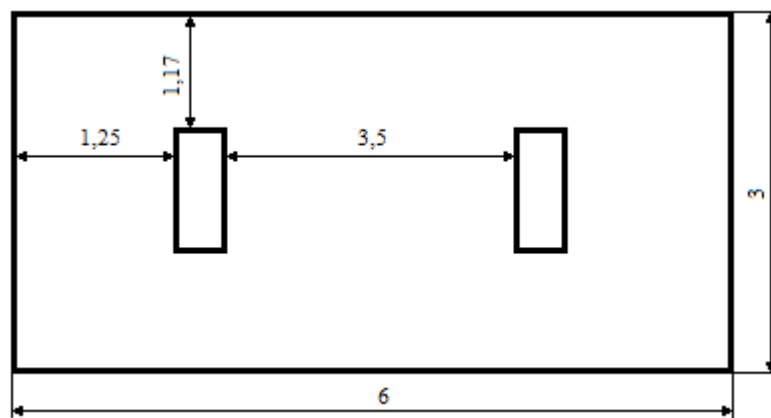


Рисунок 4.1 – План расположения светильников в помещении

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении равно:

$$n = 2 \times 2 = 4, \quad (4.18)$$

В лаборатории работают не только с использованием ЭВМ, но и просто с документами, поэтому уровень освещенности должен быть $E_n=400$ лк (основное освещение).

Рассчитывая сплошное общее равномерное искусственное освещение горизонтальной рабочей поверхности, используем метод коэффициента потока света, который учитывает отраженный от стен и потолка поток.

Световой поток лампы накаливания или системы люминесцентных ламп можно определить по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \times S \times k \times z}{n \times \eta}, \quad (4.19)$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк, [15];

k – коэффициент резерва, который учитывает степень загрязнения светильника (зеркальных поверхностей, стен и другой фурнитуры, имеющей отражающую поверхность), и присутствие в воздухе помещения дыма и пыли. В нашем случае коэффициент резерва равен 1,5, поскольку работа происходит в помещении с незначительным выделением пыли;

S – площадь помещения, m^2 ;

n – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока;

z – коэффициент не равномерности освещения (для люминесцентных ламп равен 1,1).

Коэффициент использования светового потока демонстрирует долю потока от ламп, попадающую на рабочие поверхности. Он изменяется в зависимости от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка $\rho_{п.}$

Индекс помещения вычисляется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \times (A+B)} = \frac{18}{2,5 \times (6+3)} = 0,8, \quad (4.20)$$

Коэффициенты отражения $\rho_{ст}$, $\rho_{пот}$ и $\rho_{пол}$ имеют следующие значения:

$\rho_{ст} = 30\%$ (стены выкрашены в светло-голубой цвет);

$\rho_{пот} = 50\%$ (потолок выбелен);

$\rho_{пол} = 30\%$ (покрыт коричневым линолеумом).

Определяем коэффициент использования светового потока: $\eta = 0,48$.

Таким образом,

$$\Phi = \frac{400 \times 1,5 \times 18 \times 1,1}{0,48 \times 4} = 6187,5 \text{ Лм.}$$

Рассчитав световой поток Φ , и зная тип лампы, выбирается стандартная лампа и вычисляется электрическая мощность для всей осветительной системы. При выходе рассчитанного светового потока за пределы ограниченного диапазона ($-20\% \div +20\%$) исправляется количество n или высота подвеса светильника.

В соответствии с вычисленным световым потоком выбран светильник типа ОДО-2-40, с люминесцентными лампами типа ЛБ (белого цвета) с потоком $\Phi = 5400$ лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-20\% \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} \times 100\% \leq +20\%, \quad (4.21)$$

$$-20\% \leq \frac{5400 - 6187,5}{5400} \times 100\% \leq +20\%$$

Получаем $-20\% \leq -14,58\% \leq +20\%$.

Необходимый поток светильника не выходит за пределы диапазона $(-20\% \div +20\%)$, а значит, корректировать число светильников и либо высоту подвеса светильников нет необходимости.

Определим электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 4 \times 80 = 320 \text{ Вт}, \quad (4.22)$$

4.3 Вывод

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» был произведен анализ условий труда при работе в помещении лаборатории, которая находится на четвертом этаже Б корпуса Алматинского университета энергетики связи.

Работа за ПК связана с большими умственными работами и нервно-эмоциональной нагрузкой, повышенным уровнем напряжения для глаз и значительной для рук в работе на клавиатуре. Важную роль играет температура воздуха в помещении, правильная и эргономичная конструкция и положение составляющих рабочих мест. Задача точного отображения различного характера информации (программ и сопроводительных документов) на мониторе компьютера требует активизации внимания. Поэтому здесь следует отметить то, что при работе такого характера, освещение помещений должно быть достаточным. Поэтому были рассмотрены микроклимат и освещение помещения. Так как для разряда зрительной работы II в естественного освещения не достаточно, был произведен расчет необходимого искусственного освещения исходя из площади и оконных проемов лаборатории. В лаборатории имеются окна площадью $S_{ок}=5,6 \text{ м}^2$, но площадь помещения 18 м^2 , поэтому необходимы дополнительные источники света.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения выполнялся методом коэффициента светового потока, учитывающего световой поток, отражённый от потолка и стен. Затем определяется источник света, необходимый для создания заданной освещенности. Так как при работе используется ПК, то, согласно СНиП РК 2.04-05-2002, минимальная освещенность светильника должна быть равна 400 лк. В результате расчетов получили, что для создания освещенности с разрядом зрительных работ II в, необходимо 4 лампы в 2 светильниках, с типом ламп – ЛБ-40Вт и световым потоком $\Phi = 6187,5 \text{ Лм}$.

5 Техничко - экономическое обоснование

5.1 Обоснование необходимости разработки

Темой дипломной работы является «Разработка системы контроля вибрации и биений на базе программного комплекса LabVIEW». В настоящее время на рынке существуют датчики, способных работать с показаниями детонации, вибрации и биений. Обладая хорошими техническими характеристиками, эти датчики слишком дороги для приобретения и починки в случае выхода из строя. Для предприятия, где в каждом цеху находится от 10 и более двигателей, установка на каждый подобного датчика может быть накладна. Мы предлагаем внедрить систему, способную снимать и обрабатывать данные о вибрации по более выгодной цене.

5.2 Цели и задачи проекта

Целью дипломного проекта является разработка программного продукта, отслеживающего вибрацию и биения в двигателе, с использованием программной среды LabVIEW.

Задача проекта – разработать программу с наличием датчиков, способных снимать и анализировать данные о вибрации с работающего двигателя. Это должно быть реализовано при помощи программного пакета LabVIEW, обладающего всеми необходимыми возможностями для реализации проекта. Разработанный продукт является исследовательским, с его помощью предполагается производить эксперименты, поэтому необходимо создать простой и понятный интерфейс.

5.3 Расчет затрат на разработку продукта

В технико-экономическом обосновании ведется расчет на одну установку для проведения исследовательской работы, где по итогам расчета, необходимо провести анализ по произведенным затратам, найти выгоду, получаемую от данной установки, для дальнейшего продвижения и усовершенствования системы.

Разработка и проведение исследовательских работ содержит в себе как интеллектуальный, так и физический труд. Необходимо рассчитать затраты по следующим статьям:

- материалы;
- спецоборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- отчисления на социальные нужды;
- расходы на потерю электроэнергии;

5.3.1 Расчет трудоемкости и продолжительности работ

Расчет трудоемкости на создание программного продукта несет характер вероятности, т.к. на него влияет большое количество условий, которые трудно учесть. Его проводят, обращаясь к суммированию трудоемкости шагов и вида работы, которые принято оценивать в человеко-днях.

Трудоемкость каждого вида работ определяется по формуле:

$$T_i = \frac{3 \times T_{\min} + 2 \times T_{\max}}{5}, \quad (5.1)$$

где T_{\min} – минимально возможная трудоемкость выполнения отдельного вида работ;

T_{\max} –максимально возможная трудоемкость выполнения отдельного вида работ;

Продолжительность каждого вида работ в календарных днях (t_i) определяется в днях по формуле:

$$t_i = \frac{T_i}{\Psi_i} \times K_{\text{вых}}, \quad (5.2)$$

где T_i – трудоемкость работ, человеко-дни;

Ψ_i – численность исполнителей, человек;

$K_{\text{вых}}$ – коэффициент, учитывающий выходные и праздничные дни:

$$K_{\text{вых}} = \frac{K_{\text{кал}}}{K_{\text{раб}}}, \quad (5.3)$$

где $K_{\text{кал}}$ – количество календарных дней;

$K_{\text{раб}}$ – количество рабочих дней.

Согласно производственному и налоговому календарю на 2015 год, количество рабочих дней составляет 245, а количество праздничных – 16, таким образом $K_{\text{вых}}=1,4$.

Полный список этапов работ по созданию ПП, экспертные оценки и расчетные величины их трудоемкости, а также продолжительность каждого вида работ, рассчитанные по формулам (5.1) и (5.2), представлены в таблице 5.1.

Трудоемкость выполнения работ по созданию программного продукта по сумме трудоемкости этапов и видов работ, оцениваемых экспертным путем в человеко-днях, носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Т а б л и ц а 5.1 – Расчет трудоемкости по созданию ПП

Этап разработки	Исполнитель	Трудоемкость, чел.дни			Количество работников, чел.	Продолжительность работ, календарные дни
		T_{\min}	T_{\max}	T_i	χ_i	t_i
Постановка задачи	Руководитель	1	1	1	1	1
Разработка содержания работы	Руководитель	1	2	1	1	2
Разработка алгоритма и блок – схемы	Руководитель, разработчик	3	5	4	2	5
Составление программы по готовой блок - схеме	Руководитель, разработчик	2	4	2	1	4
Сборка устройства	Руководитель, разработчик	3	5	3	1	5
Устранение неполадок	Руководитель, разработчик	2	3	3	2	4
Подготовка необходимой документации	Разработчик	2	3	2	1	2
Сдача и проверка отчета	Руководитель	2	3	2	1	3
Общая трудоемкость разработки		-	-	8	-	25

Таким образом, общая продолжительность проведения единовременных работ составляет 25 дней, а трудоемкость – 18.

5.3.2 Расчет затрат на разработку ПП

Основная заработная плата исполнителей определяется по формуле:

$$З_{\text{осн}} = C_{\text{ср}} \times T, \quad (5.4)$$

где $З_{\text{осн}}$ – заработная плата исполнителей, тг.;

$C_{\text{ср}}$ – средняя дневная оплата труда работника (5000 тг/чел.дн. и 4000 тг/чел.дн.);

T – трудоемкость разработки программного продукта, чел.дни.

$$З_{\text{осн}} = (4000 \times 10) + (3000 \times 8) = 64000 \text{ тг.}$$

Т а б л и ц а 5.2 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Заработная плата, тг.	Оклад, тг/дни	Трудоемкость, чел.дни	Сумма, тг.
Руководитель	75000	4000	10	40000
Разработчик	50000	3000	8	24000

Дополнительная заработная плата исполнителей принимается за 15% от основной заработной платы:

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \times З_{\text{осн}}, \quad (5.5)$$

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \times 40000 = 6000 \text{ тг. (руководитель)}$$

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \times 24000 = 3600 \text{ тг. (разработчик)}$$

Отчисления на социальные нужды состоят из единого социального налога. Ставка налога рассчитывается, исходя из заработной платы работника.

Пенсионный фонд – 10%

Социальный налог – 11%.

Фонд оплаты труда складывается из основной и дополнительной заработной платы:

$$\text{ФОТ} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} = 64000 + 9600 = 73600 \text{ тг.} \quad (5.6)$$

Пенсионные отчисления:

$$С_{\text{п}} = \text{ФОТ} \times 0,1 = 7360 \text{ тг.} \quad (5.7)$$

Социальный налог высчитывается после учета пенсионных отчислений:

$$С_{\text{соц}} = (\text{ФОТ} - С_{\text{п}}) \times 11\% = (73600 - 7360) \times 11\% = 66251 \text{ тг.} \quad (5.8)$$

В расчетах «Материалов» считается затраченная сумма на базовые и комплектующие материалы, а также второстепенные элементы, которые необходимы при создании продукта [17]. Величина затрат в данной статье вычисляется, придерживаясь настоящих цен, и учитывая транспортные и заготовительные расходы, принятые за процент от общей суммы материалов, комплектующих и т.п.

Расходы на транспортировку составят 10% от итоговой суммы.

$$С_{\text{м}} = 333900 + 33390 = 367290 \text{ тг.} \quad (5.9)$$

Т а б л и ц а 5.3 – Расходы на оборудование и материалы

Оборудование и материалы	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, тг.	Сумма, тг.
Паяльная станция	Шт.	1	5000	5000
Мультиметр	Шт.	1	3500	3500
ПК	Шт.	1	90000	90000
ПО	Шт.	1	186000	186000
Плата ввода-вывода данных LabVIEW	Шт.	1	15000	15000
АЦП LabVIEW для сопряжения датчика с ПК	Шт.	1	31000	31000
Припой	Гр.	150	1200	1200
Канифоль	Шт.	1	150	150
Гетинакс	Листов шт.	2	400	800
Резисторы	Шт.	20	15	300
Конденсаторы	Шт.	15	30	450
Разъёмы, адаптеры	Шт.	10	50	500
Итого:				333900

Так как для разработки системы используется электрооборудование, необходимо рассчитать затраты на электроэнергию по форме, приведенной в таблице 5.4 [18].

Т а б л и ц а 5.4 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Паспортная мощность, кВт	$K_{им}$	Время работы прибора, ч.	Цена, $\frac{тг}{кВт/ч}$
ПК	0,3	0,9	80	26×80
Паяльная станция	0,2	0,9	38	26×38
Мультиметр	0,2	0,8	54	26×54
Итоговые затраты на электроэнергию:				4472

$K_{им}$ – коэффициент использования мощности.

В статью «Амортизация основных фондов» включается сумма амортизационных отчислений от стоимости оборудования и программного обеспечения, используемых при разработке программного продукта.

Амортизационные отчисления рассчитываются по форме, приведенной в таблице 5.5.

Т а б л и ц а 5.5 – Амортизация основных фондов (ОФ)

Наименование оборудования и ПО	Стоимость оборудования и ПО, тг.	Предельная норма амортизации, %
ПК	90000	40
ПО	186000	40
Оборудование	57900	40

Амортизационные отчисления C_a определяются по формуле:

$$C_a = \frac{H \times \Phi}{100\%}, \quad (5.10)$$

где H – среднегодовая норма амортизации, %;

Φ – первоначальная стоимость оборудования, тенге.

Среднегодовая норма амортизации составляет 15% от балансовой стоимости оборудования.

$$C_a = \frac{15 \times 333990}{100} = 50085 \text{ тг.}$$

Время, когда будет использоваться оборудование, составляет 1 месяц.

$$C_a = \frac{50085}{12} \times 1 = 4174 \text{ тг.} \quad (5.11)$$

На основании полученных данных по отдельным статьям составляется сумма затрат на разработку программного продукта по форме, приведенной в таблице 5.6.

Т а б л и ц а 5.6 – Сумма затрат на разработку

Статьи затрат	Сумма, тг.
- ФОТ	73600
- социальный налог	66251
- амортизация основных фондов	4174
- оборудование и материалы	333900
- электроэнергия	4472
- накладные расходы	11040
Итого по смете:	493437

Исходя из полученных данных, заносим результаты в диаграмму для наглядности (Рисунок 5.1).

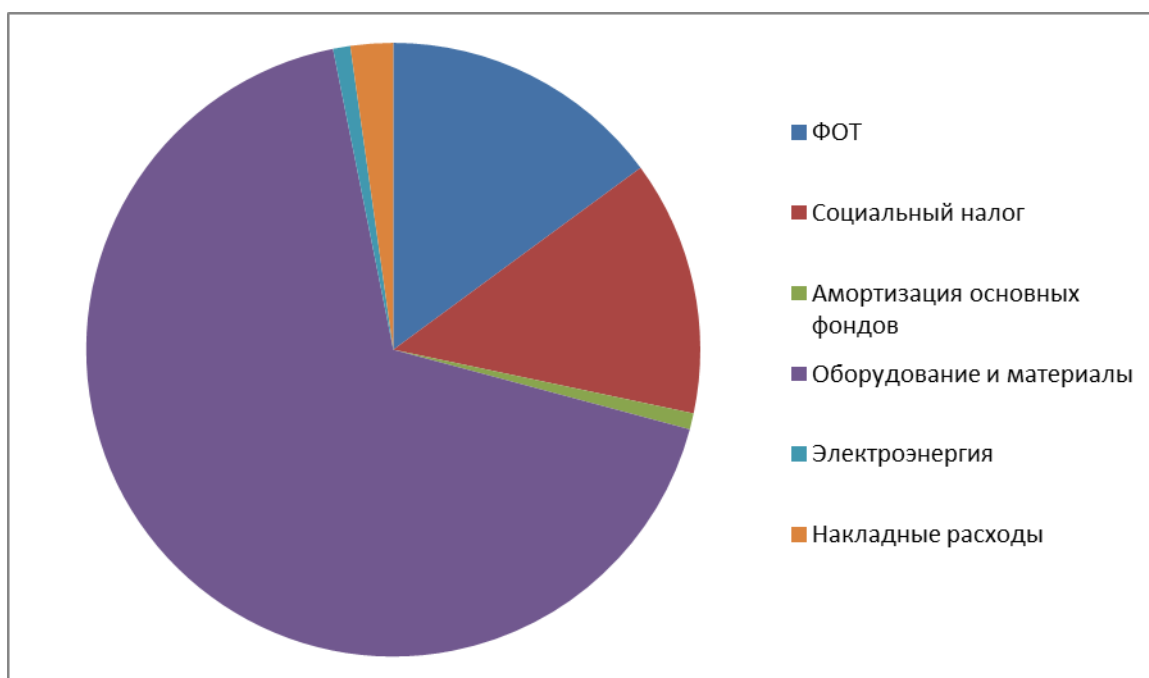


Рисунок 5.1 – Общая сумма затрат в процентах

5.4 Расчет себестоимости

Рассчитываем себестоимость 1 изделия. Оплата работнику по сборке 1000 тг. за единицу, оплата сдельная.

$$C = O_c + C_{\text{соц}} + Z_{\text{ээ}} + A_{\text{и}} + Z_{\text{и}} + H, \quad (5.12)$$

где O_c – оплата сборщику за 1 изделия, тг.;

$C_{\text{соц}}$ – социальный налог с оплаты за 1 изделие, тг;

$Z_{\text{ээ}}$ – затраты на электроэнергию при изготовлении 1 изделия (сборка устройства и устранение неполадок, таблица 5.1), тг.;

$A_{\text{и}}$ – амортизация с расчетом на изготовление 40 изделий/месяц, тг.;

$Z_{\text{и}}$ – затраты на материалы, таблица 5.3, тг.;

H – накладные расходы, тг.

$$C = 1000 + 99 + 156 + 105 + 3400 + 500 = 5260 \text{ тг.}$$

5.4.1 Расчет возможной (договорной) цены программного продукта

Для того, чтобы установить первоначальную стоимость выпускаемого продукта, определим уровень рентабельности в 25% [19].

$$Ц_{\text{п}} = C \times \left(1 + \frac{P}{100}\right) = 5260 \times \left(1 + \frac{25}{100}\right) = 6575 \text{ тг.}, \quad (5.13)$$

5.4.2 Срок окупаемости

Определяем прибыль от реализации ПП:

$$\Pi_p = (\Pi_{\text{п}} - C) \times V, \quad (5.14)$$

где $\Pi_{\text{п}}$ – первоначальная цена;

C – себестоимость;

V – объем реализуемой продукции.

$$\Pi_p = (6575 - 5260) \times 40 = 52600 \text{ тг.}$$

Корпоративный налог равен 20%, т.е. 10520 тг. Прибыль составляет 42080 тг. Если, как и предполагалось, продавать 40 устройств в месяц, то за год прибыль составит 504960 тг. Срок окупаемости можно посчитать:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{C}{\Pi}, \quad (5.15)$$

где C – затраты на разработку продукта;

Π – прибыль за вычетом налогов.

$$T_{\text{окуп}} = \frac{493437}{504960} = 0,98 \text{ года}$$

5.5 Вывод

Рассмотрев предлагаемые продукты-аналоги, мы пришли к выводу, что наша разработка имеет преимущества, в числе которых доступность и простота исполнения. Данные датчики обладают гибкостью и универсальностью применения.

Т а б л и ц а 5.7 – Сравнение продуктов-аналогов

Датчик	Изготовитель	Цена на рынке, тг.
KAS903-02A	KELAG (Германия)	45715
DS-1	«ТИК» (Россия)	10750
ДП-И	Энергогазприбор (Россия)	11040
Наша разработка		6575

Заключение

В результате выполнения дипломной работы была разработана система контроля вибрации и биений на базе программного комплекса LabVIEW. В ходе выполнения были изучены проблемы контроля измерения, проанализированы параметры биений и вибрации, комплекс нарушений, возможность выявить которые можно по снятым данным с ротора, были разработаны средства измерения и анализа сигналов вибрации двигателя. Полученная в результате система обладает простым и интуитивно понятным для пользователя интерфейсом.

В технологической части дано описание процессу вибрации, методам ее измерения и принципах работы датчиков вибрации с описанием амплитудно-частотной характеристики системы датчика.

Во второй части описывается процесс создания виртуального прибора, описание лицевой панели и ее элементов.

В программной части можно увидеть блок-схему процесса работы системы контроля вибрации, составные элементы блока диаграмм виртуального прибора с подробным описанием сборки и программирования.

Также в работе был произведен расчет условий труда в лаборатории университета, где производилось создание модели.

В технико-экономическом обосновании, сделав вывод о работоспособности системы контроля вибрации и биений, мы рассчитали примерные сроки окупаемости системы при промышленном производстве.

Список использованной литературы

1. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. - СПб.: СПбГМТУ, 2000. – 126с.
2. Ключев В.В. Испытательная техника: Справочник в 2-х книгах. – М.: Машиностроение, 1982. – 112 с.
3. Фролов К.В., Попов С.А., Мусатов А.К. Теория механизмов и машин: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 209 с.
4. Минкин В. Виброизображение. – СПб: Реноме, 2007. – 78 с.
5. Балицкий Ф.Я., Барков А.В., Баркова Н.А. Вибродиагностика. – М.: Машиностроение, 2005. – 187 с.
6. Ключев В.В. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 томах, том 7. – М.: Техно, 2005. – 135 с.
7. National Instruments. [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.ni.com
8. Кехтарнаваз Н., Ким Н. Цифровая обработка сигналов на системном уровне с использованием LabVIEW. – М.: Додэка-XXI, 2007. – 109 с.
9. Трэвис Д. LabVIEW для всех: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, ПриборКомплект, 2005 – 544с.
10. Алгоритм. Свойства алгоритма. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pro-prof.com/archives/578>
11. Кент Б. Экстремальное программирование: разработка через тестирование. – СПб.: Питер – 2003. – 161 с.
12. Брукс Ф. Мифический человек – месяц или как создаются программные системы. – СПб.: Символ Плюс, 1999 – 304 с.
13. Основы безопасности жизнедеятельности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnostzhiznedeyatelnosti/bezopasnostzhiznedeyatelnosti.html>
14. Баклашов Н.И., Китаева Н.Ж., Терехов Б.Д. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды, – Москва: Радио и связь, 1989. – 226 с.
15. СНиП РК 2.04-05-2002 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».
16. Абдимуратова Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению разделам «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат. – Алматы: АИЭС, 2009. – 20 с.
17. Базылов Б.К. Методические указания для экономической части выпускной работы. – Алматы: АИЭС, 2009. – 18 с.
18. Внедрение систем автоматизированного учета и контроля параметров энергопотребления (АСКУЭ, АИИСКУЭ). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.estc.dias.ru/askue/>.
19. Бекишева А.И. Методические указания к выполнению экономической части дипломной работы для студентов специальности 5В070300 – Информационные системы. – Алматы: АУЭС, 2013. – 24 с.