

«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
(МАИ)

ФАКУЛЬТЕТ №
КАФЕДРА

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ**

На тему: _____

Дипломант: _____
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

Руководитель проекта: _____
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

Консультанты:

по спец. части: _____
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

по технологической части: _____
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

по экономической части: _____
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

по охране труда: _____
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

Рецензент: _____
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

Москва 200__год

РЕФЕРАТ

Панченко В.В. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЛА (INTEGRATED SYSTEM HEALTH MANAGEMENT) НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ (DATA MINING), дипломная работа: 42 с., 4 рис., 13 табл., 26 ист., 2 прил.

Ключевые слова: DATA MINING, ПОИСК АНОМАЛИЙ, КЛАСТЕРИЗАЦИЯ, INTEGRATED SYSTEM HEALTH MONITORING

Содержание

Введение	6
1 Специальная часть	10
2 Расчет экономической эффективности системы	11
2.1 Введение	11
2.2 Определение целесообразности разработки	11
2.3 Определение трудоемкости и затрат на создание ПП	12
2.4 Определение исполнителей	14
2.5 Расчет заработной платы исполнителей	14
2.6 Социальные отчисления	15
2.7 Накладные расходы	16
2.8 Прочие расходы	16
2.9 Расчет стоимости	16
2.10 Оценка экономической эффективности	17
2.11 Календарное планирование	18
2.12 Выводы	20
3 Охрана труда и окружающей среды	22
3.1 Анализ условий труда	22
3.1.1 Обеспечение условий труда в отделе разработки программного обеспечения	22
3.1.2 Характеристика помещения	22
3.1.3 Характеристика производственного процесса	23
3.1.4 Характеристика используемого оборудования	24
3.1.5 Санитарно-гигиенические факторы	24
3.1.6 Электроопасность	27
3.1.7 Пожароопасность	27
3.1.8 Эргономические факторы	28
3.1.9 Психофизиологические факторы	30
3.2 Мероприятия по обеспечению условий труда	32

3.3	Расчетная часть	33
3.3.1	Расчет уровня шума	33
3.4	Вывод	35
	Заключение	37
	Список использованных источников	38
	Приложение А Исходный код	41
	Приложение В Графические материалы	42

Введение

Одной из ключевых проблем при эксплуатации летальных аппаратов (ЛА) является контроль и своевременная диагностика неисправностей. Подобный контроль выполняется на основе информации, поступающей с датчиков, контролирующих работу устройства. Для решения подобных задач используются системы ISHM (Integrated System Health Management) позволяющие оценить текущее и/или будущее состояние здоровья системы и интегрировать эту информацию в общую картину эксплуатационных потребностей с учётом имеющихся ресурсов [1]. В ISHM состояние системы контролируется по показаниям датчиков. Прогресс в развитии микроэлектроники за последние 10–15 лет привел к тому, что датчики стали существенно дешевле, легче и меньше по размерам. Это вызвало увеличение количества используемых датчиков и рост объемов телеметрической информации. Естественно, ручная обработка больших объемов информации слишком трудоемка — нужны средства автоматизации.

Традиционно системы ISHM используют одновременно несколько методов диагностики, в частности [2]:

- проверку выхода значения параметра за установленные пределы;
- экспертную систему, содержащую набор правил, описывающих нормальное поведение системы (rule-based);
- математическую модель, описывающую требуемое поведение системы (model-based).

Общий принцип у традиционных алгоритмов примерно один и тот же. Вначале эксперты задают модель поведения системы, представляющую набор правил, характеризующих поведение системы. В процессе работы системы поступающие телеметрические данные проверяются на соответствие модели. Если поведение данных начинает отклоняться от модели, то оператору, контролирующему работу системы, поступает тревожный сигнал о возможной неисправности.

У всех традиционных алгоритмов есть общий недостаток — они требуют интенсивной работы экспертов. Эксперты задают набор правил, конструируют математическую модель, устанавливают допустимые пределы значений параметров. Возрастает количество данных — возрастает количество работы, которую необходимо проделать экспертам, прежде чем система мониторинга сможет работать.

Данную задачу возможно автоматизировать средствами интеллектуального анализа данных — Data Mining. Это собирательное название, используемое для обозначения совокупности методов обнаружения в данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности [3]. Фактически Data Mining — это набор технологий поиска скрытых закономерностей в больших необработанных объемах данных. Data Mining является частью процесса KDD (Knowledge Discovering in Databases), включающем, помимо поиска закономерностей, этапы сбора, подготовки данных и последующего анализа полученных результатов. К настоящему времени разработано множество алгоритмов и технологий Data Mining. Характерно, что универсального алгоритма для извлечения знаний из данных не существует. Каждое конкретное практическое приложение, обладающее специфическими характеристиками, требует либо адаптации существующих методик Data Mining, либо разработки новой технологии обработки данных.

Одним из ключевых направлений применения технологий Data Mining является автоматизация поиска аномалий. Поиск аномалий — это поиск шаблонов данных, не соответствующих ожидаемому поведению [4]. Поиск аномалий широко применяется в задачах мониторинга состояния технических систем [5]. Если в работе системы возникает неисправность, в данных, поступающих с датчиков, возникают аномалии, сигнализирующие об отклонении поведения системы от нормального поведения. Типичными задачами, решаемыми подобными системами мониторинга, являются определение факта возникновения аномалии, локализация ее местонахождения, диагностирование возникшей неисправности и прогнозирование возникновения неисправностей.

Методы диагностики аномалий, основанные на Data Mining (data-driven методы), свободны от недостатков традиционных методов и не требуют интенсивного участия экспертов для своей работы. Data-driven методы строят модель поведения системы автоматически на основе данных о нормальном поведении системы. Для обучения таким методам обычно достаточно несколько сотен точек нормальных данных.

- Data-driven методы имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными:
- не требуют априорно заданных знаний о работе системы;
 - не требуют системного анализа, чтобы определить соотношения между параметрами;

- способны обрабатывать телеметрические данные, поступающие от работающей системы, в режиме реального времени и быстро реагировать на появление аномалии, т.к. модель поведения системы очень компактна;
- позволяют устанавливать и отслеживать взаимосвязь между большим количеством параметров;
- способны обнаруживать коллективные и контекстные аномалии [4];
- дают возможность автоматически обрабатывать архивы накопленных данных и извлекать из них полезную информацию;
- позволяют легко учитывать новые данные о нормальном поведении системы и обновлять ранее построенную модель её поведения.

Разработки систем мониторинга неисправностей на основе методов Data Mining активно ведутся в Японии [2] и США [6, 7]. В последние годы за рубежом был разработан ряд data-driven методов и алгоритмов обнаружения аномалий, например, Orca, GritBot, IMS, GMM, LVS, одноклассовый SVM и др. Как показано в [8], результаты работы разных методов могут отличаться, поэтому целесообразно их комбинировать.

Наиболее весомым доказательством эффективности ISHM-систем на основе данных методов в аэрокосмической отрасли является их успешное применение в NASA для диагностики неисправностей в ЛА типа «Шаттл» и их преемниках — серии «Ares» [6]. Пробный пуск системы на архивных данных показал, что установка такой системы на аппарате «Колумбия» серии «Шаттл» позволила бы избежать взрыва ЛА при посадке, повлёкшего гибель всего экипажа. Как известно, «Колумбия» потерпела катастрофу из-за отрыва куска изоляционной обшивки, пробившей термоизоляцию на левом крыле. Отрыв произошел во время старта корабля, однако о проблемах с термоизоляцией стало известно лишь через 17 дней, во время приземления шатла [9]. База знаний ISHM строилась на основе анализа данных предыдущих 5 полетов «Колумбии». ISHM выдала сигнал о возникновении неисправности в течении двух минут с момента ее возникновения [5, 7]. В данной системе совместно используются методы Orca и IMS [10].

Подобные системы нашли применение на Международной Космической Станции (МКС) для контроля работоспособности и определения сроков ремонта и замены гироскопов (гироскоп, англ. control moment gyroscope, сокр. CMG — вращающееся инерциальное устройство, применяемое для высокоточной ориентации и стабилиза-

ции, как правило, космических аппаратов (КА), обеспечивающее правильную ориентацию в полете и предотвращающее беспорядочное вращение [11]). В данный момент NASA ведёт работы по применению данных методов для контроля и диагностики других подсистем МКС [10].

1 Специальная часть

2 Расчет экономической эффективности системы

2.1 Введение

Для оценки экономической эффективности программно-аппаратного продукта требуется:

- определить целесообразность разработки;
- определить трудоёмкость и затраты на создание;
- определить показатели экономической эффективности разработки.

Результатом выполнения данной части является обоснование технической, экономической и научной значимости и целесообразности продукта в соответствии с [12]. Объектом технико-экономического анализа является программная система мониторинга состояния ЛА на основе методов интеллектуального анализа данных.

2.2 Определение целесообразности разработки

Для обоснования целесообразности разработки продукта необходимо:

- выбрать аналог (если таковой имеется);
- сформулировать перечень функциональных характеристик по предлагаемому варианту разработки продукта;
- определить конкретные уровни характеристик и их значимость;
- определить индекс технического уровня программного продукта.

Функционально-технические характеристики разрабатываемого программного продукта представлены в таблице 1.

Индекс технического уровня разрабатываемого программного продукта определяется по формуле (1):

$$J_{TY} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{\alpha_{i0}} \mu_i, \quad (1)$$

где α_i — уровень i -й функционально-технической характеристики проектируемого алгоритма;

α_{i0} — уровень i -й функционально-технической характеристики базового алгоритма;

Таблица 1 – Функционально-технические характеристики

Функциональные характеристики	Единица измерения	Величина функциональных характеристик		Значимость характеристик
		Аналог	Новый вариант	
Простота использования	По 10-бальной шкале	2	9	0.05
Быстродействие	По 10-бальной шкале	5	10	0.2
Открытость	По 10-бальной шкале	3	10	0.15
Точность вычислений	По 10-бальной шкале	8	8	0.2
Надёжность	По 10-бальной шкале	9	7	0.2

μ_i — значимость i -го параметра;

n — количество рассматриваемых параметров.

$$J_{TY} = \frac{9}{2} \cdot 0.05 + \frac{10}{5} \cdot 0.2 + \frac{10}{3} \cdot 0.15 + \frac{8}{8} \cdot 0.2 + \frac{7}{9} \cdot 0.2 = 1.48.$$

Значение показателя технического уровня разрабатываемого программного продукта превышает 1 и равно 1.48. Полученный результат является подтверждением целесообразности разработки продукта.

2.3 Определение трудоемкости и затрат на создание ПП

Основой для определения затрат на создание ПП является показатель трудоемкости работ. В таблице 2 представлена структура затрат труда на создание ПП.

Таблица 2 – Структура затрат труда на создание ПП

№ п/п	Наименование (стадии) этапа работ	Доля работ на стадии (этапе) в общем объёме работ, %
1	Анализ предметной области и изучение средств разработки	3
2	Изучение программируемой задачи	5
3	Определение входных и выходных данных	3
4	Анализ методов решения задачи	5
5	Составление структуры ПП	4
6	Технико-экономическое обоснование выбора вариантов решения задачи	5
7	Уточнение и доработка выбранного варианта решения	3
8	Создание ПП	35
9	Отладка ПП	22
10	Испытание и анализ работы ПП в реальных условиях	10
11	Составление технической документации	5
	ИТОГО	100

Затраты труда определяются по формуле (2).

$$t_{ПРТ} = t_O + t_{II} + t_A + t_K + t_{OT} + t_d \quad (2)$$

$B = 2$ — увеличение затрат труда на изучение и постановку задачи вследствие их сложности и новизны;

$K = 0.8$ — коэффициент квалификации разработчика;

$$Q = q \cdot K_c \cdot (1 + \sum^n K_k) = 500 \cdot 1.5 \cdot (1 + (0.2 + 0.1)) = 975.$$

$t_O = 40$ — затраты труда на подготовку описания задачи;

$$t_{II} = \frac{Q \cdot B}{75 \cdot K} = 32.5 \text{ — затраты труда на изучение и постановку задачи;}$$

$$t_A = \frac{Q}{20 \cdot K} = 60.94 \text{ — затраты труда на проектирование системы;}$$

$t_K = \frac{Q}{10 \cdot K} = 121.88$ — затраты труда на программирование;

$t_{OT} = \frac{Q}{5 \cdot K} = 243.75$ — затраты труда на отладку программы;

$t_D = \frac{1.75 \cdot Q}{15 \cdot K} = 142.19$ — затраты труда на подготовку документации.

Таким образом, $t_{ПРТ} = 40 + 32.5 + 60.94 + 121.88 + 243.75 + 142.19 = 641.26$.

2.4 Определение исполнителей

Исполнители указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Исполнители

Категория исполнителей	Число исполнителей	Зарплата с учетом премии (руб./мес.)	Часовые тарифные ставки, руб.
Инженер-программист	1	60000	360

2.5 Расчет заработной платы исполнителей

Оплата труда персонала определяется на основе общей трудоёмкости создания ПП по формуле (3).

$$ЗП_{ПП} = \sum_{i=1}^k T_i \cdot \bar{\tau}_i, \quad (3)$$

где k — количество этапов;

T_i — трудоёмкость i -го этапа;

$\bar{\tau}_i$ — средняя дневная тарифная ставка оплаты i -го этапа.

Результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Заработная плата исполнителей

№ п/п	Наименование этапов и работ	Трудоёмкость стадии (чел.-ч.)	Часовая ставка (руб/ч)	Зарплата за работу (руб)
1	Анализ предметной области и изучение средств разработки	40	360	6000
2	Изучение программируемой задачи	32.5	360	11700
3	Определение входных и выходных данных			
4	Анализ методов решения задачи			
5	Составление структуры ПП	60.94	360	21938.40
6	Технико-экономическое обоснование выбора вариантов решения задачи			
7	Уточнение и доработка выбранного варианта решения			
8	Создание ПП	121.88	360	43876.80
9	Отладка ПП	243.75	360	87750
10	Испытание и анализ работы ПП в реальных условиях			
11	Составление технической документации	142.19	360	51188.40
	ИТОГО	641.26	—	230853.60

2.6 Социальные отчисления

Социальные отчисления основных исполнителей составляет 30.2% от $ЗП_{ПП}$.

$$З_{CO} = 230853.60 \cdot 0.302 = 69717.79 \text{ (руб.)}$$

2.7 Накладные расходы

Под накладными расходами понимаются расходы на электроэнергию в период первого полугодия эксплуатации системы. Они рассчитываются по формуле (4).

$$K_{ЭЭ} = N_{\text{раб.дн.}} \cdot \sum P \cdot N_{\text{часов}} \cdot N_{\text{лет}} \cdot C_{ЭЭ}, \quad (4)$$

где $N_{\text{раб.дн.}}$ — количество рабочих дней в году;

$\sum P$ — суммарная потребляемая в час мощность оборудования (компьютер используется в течение всего рабочего дня, а принтеры — в среднем в течение половины рабочего дня);

$N_{\text{часов}}$ — количество рабочих часов в день;

$N_{\text{лет}}$ — количество лет разработки или использования системы;

$C_{ЭЭ}$ — стоимость одного киловатт/часа электроэнергии.

Таким образом, $K_{ЭЭ} = 224 \cdot 4.3 \cdot 8 \cdot 0.5 \cdot 4.5 = 17337.6 \text{ (руб.)}$

2.8 Прочие расходы

Прочие прямые расходы — это расходы на использование машинного времени. Система будет разрабатываться в течение 90 дней в среднем по 8 часов ежедневно. При стоимости машинного времени 13 руб./час, получаем:

$$З_{\text{м.в.}} = 90 \cdot 8 \cdot 13 = 9360.00 \text{ (руб.)}$$

Сведём все расходы на создание и эксплуатацию системы в таблицу 5.

2.9 Расчет стоимости

Цена программного продукта определяется исходя из принципа обеспечения безубыточности деятельности организации, получения прибыли, позволяющей выплачивать обязательные платежи в бюджет и инвестировать расширение деятельности.

Цена первоначальной продажи определяется по формуле (5).

$$Ц_{\text{НТПр}}^n = З_{\text{НТПр}} + \frac{ЗП_{\text{ПП}} \cdot \rho_{ЗП}}{100}, \quad (5)$$

Таблица 5 – Сводная таблица расходов

№ п/п	Виды расходов	Расходы, руб.	Удельный вес, %
1	Заработная плата разработчиков	230853.60	70.54
2	Социальные отчисления	69717.79	21.3
3	Накладные расходы	17337.6	5.3
4	Прочие расходы	9360	2.86
	ИТОГО	327268.99	100

где $З_{НТПр}$ — текущие затраты на создание, определяющиеся по формуле (6):

$$З_{НТПр} = З_{П_{mn}} + З_{М.В.}; \quad (6)$$

$З_{П_{mn}}$ — оплата труда основного персонала в общих текущих затратах на создание программного продукта;

$\rho_{ЗП}$ — уровень рентабельности (прибыли по отношению к оплате труда персонала), обеспечивающий безубыточность деятельности ($\rho_{ЗП} = 200\%$).

Таким образом,

$$З_{НТПр} = 230853.60 + 9360 = 240213.60 \text{ руб.};$$

$$Ц_{НТПр}^n = 240213.60 + \frac{230853.60 \cdot 200}{100} = 701920.80 \text{ руб.}$$

2.10 Оценка экономической эффективности

Так как данная дипломная работа связана с разработкой алгоритмов и программ, то $\mathcal{E}_{НТП}$ определяется по формуле (7).

$$\mathcal{E}_{НТП} = \sum_{i=1}^n \Delta T_{mi} \cdot C_{BT}, \quad (7)$$

где ΔT_{mi} — экономия машинного времени, ч.;

C_{BT} — стоимость одного машинного часа, руб.;

$n = 3000$ — количество задач, решаемых в год.

$$\mathcal{E}_{НТП} = 3000 \cdot 8 \cdot 50 = 1200000 \text{ (руб.)}$$

Уровень экономической эффективности ($E_{ПП}$) и срок окупаемости затрат на создание алгоритмов и ПП (T_{OK}) определяется по формулам (8) и (9).

$$E_{ПП} = \frac{\mathcal{E}_{НТП}}{C_{НТПр}} \quad (8)$$

$$T_{OK} = \frac{1}{E_{ПП}} \quad (9)$$

Таким образом,

$$E_{ПП} = \frac{1200000}{701920.80} = 1.71;$$

$$T_{OK} = \frac{1}{1.71} = 0.59 \text{ (года).}$$

Так как уровень экономической эффективности составляет 1.71, то можно сделать вывод о том, что разработанный ПП выгоден с экономической точки зрения.

2.11 Календарное планирование

Календарный план работ представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Календарный план работ

№ п/п	Наименование этапов (стадий, видов работ)	Удельный вес, %	Трудоемкость этапа, чел.-ч.	Кол-во ис- полнителей	Длительность этапа
1	Анализ предметной области и изучение средств разработки	6.24	40	1	6
2	Изучение программируемой задачи	2.31	14.8	1	1
3	Определение входных и выходных данных	1.21	7.76	1	5

Продолжение таблицы 6

№ п/п	Наименование этапов (стадий, видов работ)	Удельный вес, %	Трудоемкость этапа, чел.-ч.	Кол-во ис- полнителей	Длительность этапа
4	Анализ методов решения задачи	1.55	9.94	1	14
5	Составление структуры ПП	3.7	23.74	1	6
6	Технико- экономическое обоснование выбора вариантов решения задачи	4	25.66	1	6
7	Уточнение и доработка выбранного варианта решения	1.8	11.54	1	4
8	Составление ПП	19.01	121.88	1	39
9	Отладка ПП	22	141.08	1	16
10	Испытание и анализ работы ПП в реальных условиях	16.01	102.67	1	13
11	Составление технической документации	22.17	142.19	1	8
	ИТОГО	100	641.26	1	118

Производственный цикл каждого этапа определяется по формуле (10).

$$T_{uj} = \frac{T_j}{t_{pд} \cdot q_j}, \quad (10)$$

где T_j — трудоёмкость j -ой стадии (j -го этапа), чел.-час.;

$t_{pд}$ — продолжительность рабочего дня, час.;

q_j — количество работников, одновременно участвующих в выполнении работ на j -ой стадии (j -м этапе), чел.

На основании данных таблицы 6 построен сетевой график (рисунок 1).

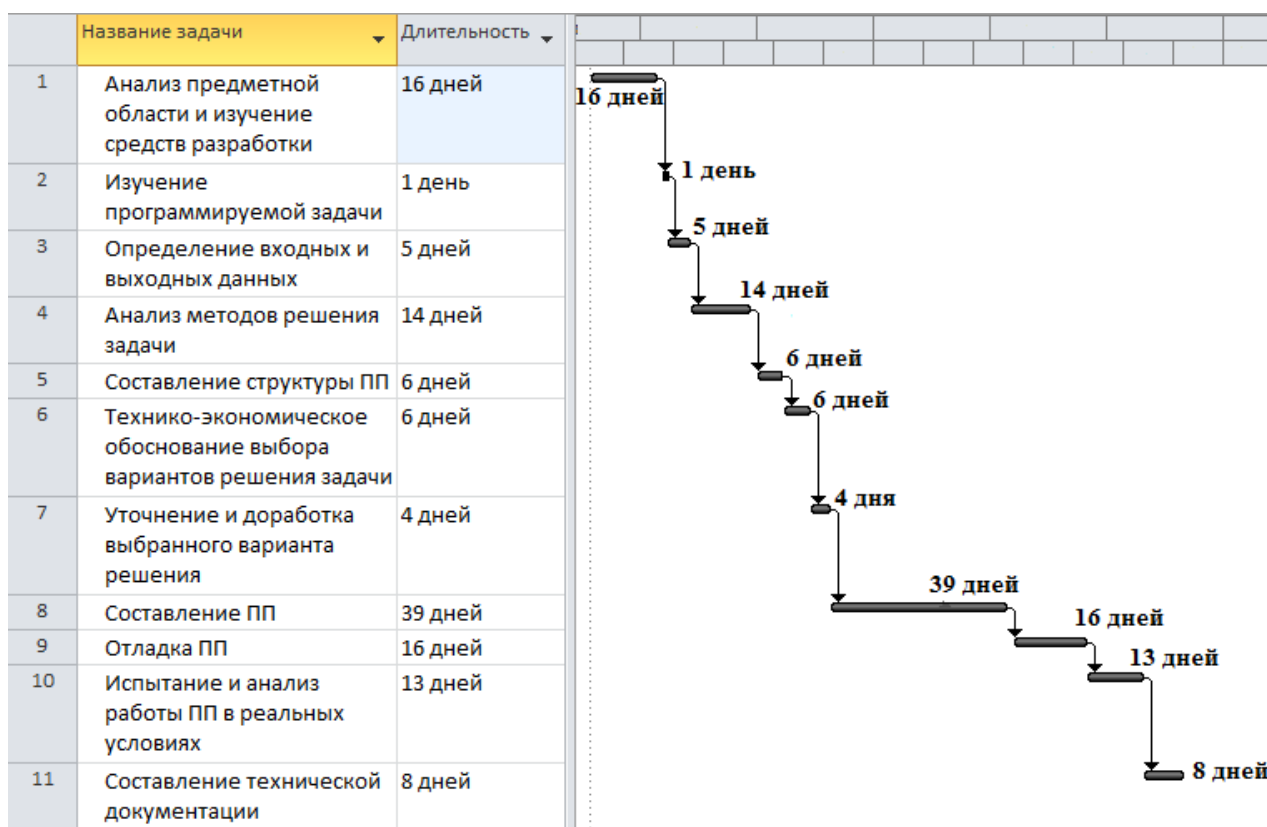


Рисунок 1 – Календарный план-график работ

2.12 Выводы

В экономической части дипломной работы получены следующие значения экономических показателей:

- Технический уровень $J_{ТУ} = 1.48$. Значение этого показателя должно быть больше 1. Полученное значение говорит о высоком техническом уровне разрабатываемого изделия.

– Уровень экономической эффективности $E_{III} = 1.71$.

На основании показателей экономической эффективности считаем разрабатываемую систему экономически эффективной и внедрение в производство целесообразным.

3 Охрана труда и окружающей среды

3.1 Анализ условий труда

3.1.1 Обеспечение условий труда в отделе разработки программного обеспечения

Дипломная работа посвящена разработке системы мониторинга состояния ЛА на основе алгоритмов интеллектуального анализа данных. Разработка производится на персональном компьютере и предполагает длительное пребывание за ним инженера.

Применение персонального компьютера освобождает человека от непроизводительной работы, связанной с обработкой информации, изменяет характер его труда. Однако при этом увеличивается доля умственного и нервно-напряженного труда, возрастает психоэмоциональная нагрузка. При значительной трудовой нагрузке, нерациональной организации работы и неблагоприятных факторах производственной среды быстро снижается работоспособность операторов, уменьшается производительность труда и ухудшается качество работы, может развиваться перенапряжение, а в отдельных случаях возникнуть срыв трудовой деятельности — дистресс.

В данном разделе проводится анализ условий труда в отделе разработки информационных систем с целью обеспечения безопасности и удобства, требуемых для работы инженера.

3.1.2 Характеристика помещения

Помещение находится в здании Московского Авиационного Института и представляет собой кафедральную лабораторию со следующими размерами:

- длина 6 м;
- ширина 4 м;
- высота 3.5 м.

Площадь: $6 \times 4 = 24 \text{ м}^2$.

Объём: $6 \times 4 \times 3.5 = 84 \text{ м}^3$.

Количество рабочих мест — 4.

Количество одновременно находящихся в помещении сотрудников не превышает 4 человек.

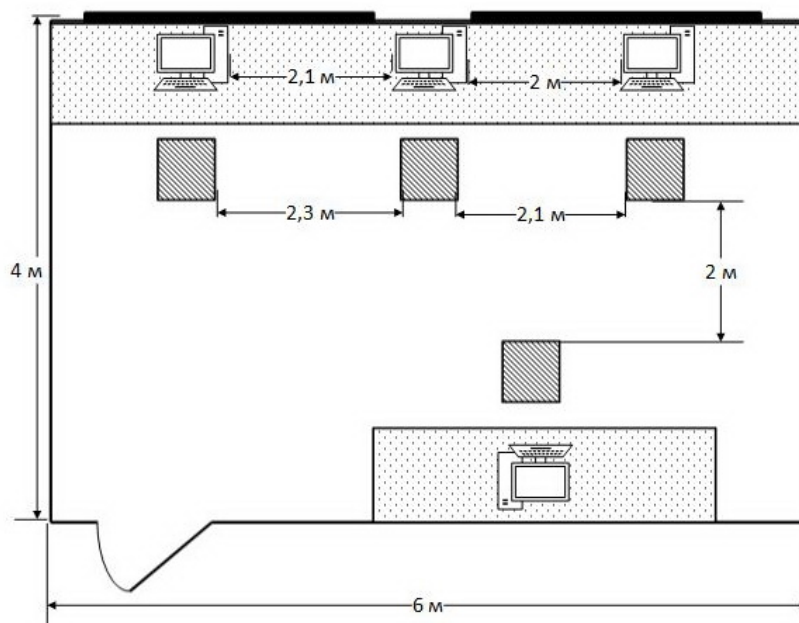


Рисунок 2 – План помещения

Нормативные требования к площади и объёму рабочих мест определены в [13]:

- площадь на одно рабочее место с ВДТ или ПЭВМ для взрослых пользователей должна составлять не менее 6 м²;
- объём — не менее 20 м³.

Фактические значения на каждого сотрудника:

- площадь: $24/4 = 6 \text{ м}^2$;
- объём: $84/4 = 21 \text{ м}^3$.

Данные значения показывают, что кафедральная лаборатория полностью соответствует установленным нормам.

В помещении имеются 2 оконных проёма высотой 1,6 м и шириной 2,3 м, которые выходят на юго-запад.

Искусственное освещение представляет собой 6 светильников, расположенных параллельно окнам в 2 ряда.

3.1.3 Характеристика производственного процесса

Разработка программного обеспечения производится на ПЭВМ с подключенными к ней периферийными устройствами.

3.1.4 Характеристика используемого оборудования

В процессе разработки используется следующее оборудование:

а) ПЭВМ:

- 1) процессор Intel Core i5 3,60 ГГц;
- 2) оперативная память 8 Гб;
- 3) жёсткий диск 1 Тб;
- 4) напряжение питания 220 В.

б) ЖК монитор с диагональю 23 дюйма (58,42) ASUS VX239H:

- 1) частота 75 Гц;
- 2) яркость 250 кд/м²;
- 3) динамическая контрастность 8 000 000 : 1;
- 4) напряжение питания 220 В.

в) Клавиатура Logitech K330;

г) Мышь A7Tech X;

д) Принтер HP LaserJet 1005M:

- 1) напряжение питания 220 В.

3.1.5 Санитарно-гигиенические факторы

3.1.5.1 Микроклимат помещения

Микроклимат в рабочем помещении должен соответствовать [14].

Согласно [14], работа разработчика ПО относится к категории «Легкая – Ia», т.к. лёгкие физические работы — работы с расходом энергии не более 150 ккал (174 Вт), а категория Ia подразумевает энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт).

Рабочее место разработчика ПО является постоянным, т.к. он находится на нём большую часть рабочего времени (более 50%).

Нормативные и фактические значения для категории работ «Легкая – Ia», лёгкие физические работы — работы с расходом энергии не более 150 ккал (174 Вт). Категория Ia подразумевает энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт).

Рабочее место разработчика модели является постоянным, т.к. он находится на нём большую часть рабочего времени (более 50%).

Нормативные и фактические значения для категории работ «Легкая – Ia» и постоянного рабочего места приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Значения характеристик микроклимата помещения

	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с
Допустимые значения	22–24 — Холодный период 23–25 — Теплый период	40–60	0.1
Фактические значения	22–24 — Холодный период 25–30 — Теплый период	45–55	<0.1

Фактические значения параметров микроклимата данного помещения удовлетворяют допустимым значениям для холодного периода года. Во время теплого периода в помещении может преобладать повышенная температура из-за отсутствия кондиционера, который бы мог её регулировать.

3.1.5.2 Производственное освещение

Освещённость регламентируется [15].

Наименьший размер объекта различения в работе инженера составляет 0.3 мм. Объектом является символ, выводимый на экран монитора (наименьшим символом является точка). Зрительная работа относится к III разряду — высокая точность (наименьший размер объекта различения от 0.3 до 0.5 мм).

Контраст объекта с фоном средний, фон светлый, что соответствует подразряду б разряда III.

Требования к освещению помещений промышленных предприятий для подразряда б разряда III:

- При системе комбинированного освещения освещенность равна: всего — 1000 лк, в т.ч. от общего — 200 лк;
- При системе общего освещения освещённость равна 300 лк.

Система освещения в комнате общая, состоящая из 6 потолочных светильников ЛПО 46, в каждом из которых установлены 4 люминесцентные лампы ЛТБ мощностью 20 Вт и световым потоком 1100 лм. Светильники расположены в два ряда параллельно окнам. Фактическая освещенность составляет 275 лк, что полностью удовлетворяет нормативным значениям [15].

3.1.5.3 Шум

Источники шума в данном помещении: охлаждающие системы ПЭВМ (охлаждение процессоров).

Уровни шума на рабочих местах инженера ПЭВМ должны соответствовать [16].

Допустимые значения уровня шума при проектировании и программировании на рабочих местах в помещениях проектно-конструкторских бюро; расчётчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных: не более 50 дБА.

Фактические значения уровня шума: не более 45 дБА, что подтверждается расчётами в разделе 3.3.

Согласно [16], значения уровня шума на рабочем месте удовлетворяют установленным требованиям.

3.1.5.4 Электромагнитное излучение

Во время работы ПЭВМ возникают электромагнитные поля, которые оказывают негативное влияние на организм человека.

Источниками электромагнитных полей на рабочем месте инженера являются системные блоки. Современные корпуса системных блоков ПЭВМ позволяют значительно ослабить излучения его элементов. Благодаря существующим достаточно строгим стандартам дозы рентгеновского излучения от современных мониторов и системных блоков не опасны для пользователей.

Документом, регламентирующим уровень электромагнитного излучения для ПЭВМ, является [13].

Согласно ему, напряжённости электрических и магнитных полей, энергетической нагрузки в течение рабочего дня не должны превышать значений, указанных в таблице 8.

Монитор ASUS VX239H соответствует стандарту [17], который устанавливает следующие предельные значения электромагнитного излучения:

- напряжённость электрического поля: в диапазоне 5Гц–2кГц не более 10 В/м, в диапазоне 2кГц–400кГц не более 1.0 В/м;
- напряжённость магнитного поля: в диапазоне 5Гц–2кГц не более 200 нТл, в диапазоне 2кГц–400кГц не более 25 нТл.

Таблица 8 – Предельные значения электромагнитного излучения.

Параметр	Предельные значения в диапазонах частот, МГц		
	от 0.06 до 3	св. 3 до 30	св. 30 до 300
$E_{ПД}$, В/м	500	300	80
$H_{ПД}$, А/м	50	—	—
$\Delta H_{E_{ПД}}$, $(В/м)^2 \cdot ч$	20000	7000	800
$\Delta H_{H_{ПД}}$, $(А/м)^2 \cdot ч$	200	—	—

Данные характеристики полностью соответствуют требованиям [13].

3.1.6 Электроопасность

В данном помещении используется оборудование, питающееся от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

Согласно [18], помещение отдела разработки ИС относится к классу помещений без повышенной опасности поражения электрическим током: это сухое помещение с непроводящими полами, с нормальной температурой воздуха и влажностью, в нем отсутствует токопроводящая пыль.

Электрооборудование в помещении представлено мониторами и системными блоками ПЭВМ. Источником электрического поражения может быть металлический корпус системного блока при пробое изоляции, т.к. имеется напряжение 220 В, а в [19] допустимое напряжение и ток для аварийных режимов при времени воздействия более 1 секунды составляют 20 В и 6 мА.

3.1.7 Пожароопасность

В данном помещении имеются твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (книги, документы, деревянная мебель, оргтехника и т.д.), которые при взаимодействии с огнем будут гореть без взрыва. Также источником возгорания может быть электрическая проводка.

Согласно [20], данное помещение относится к классу Б и является пожароопасным.

3.1.8 Эргономические факторы

Требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ изложены в [13].

Согласно [13], расстояние между рабочими столами с мониторами (в направлении тыла поверхности одного монитора и экрана другого монитора) должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми поверхностями мониторов не менее 1.2 м.

Фактические значения (см. рисунок 2):

- расстояние между рабочими столами 2.1–2.5 м;
- расстояние между боковыми поверхностями мониторов 2.1-2.3 м.

Таким образом, размещение рабочих столов полностью соответствуют требованиям [13].

В помещении используется специальный стол — рабочая поверхность, изготовленная на заказ по выбранным заказчиком параметрам. Ее характеристики и нормативные значения указаны в таблице 9.

Таблица 9 – Характеристики используемого рабочего стола

Наименование параметра	Нормативное значение [13], мм	Фактическое значение, мм
Ширина рабочей поверхности	не менее 500	1200–2000
Глубина рабочей поверхности	не менее 800	800
Высота рабочей поверхности	не менее 725	800
Пространство для ног высотой	не менее 600	600
Глубина на уровне колен	не менее 450	450
Глубина на уровне вытянутых ног	не менее 650	650

Параметры стола полностью соответствуют требованиям [13].

В помещении используется офисное кресло БЮРОКРАТ Ch-G318AXN. Его характеристики и нормативные размеры указаны в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики используемого офисного кресла

Наименование параметра	Нормативное значение [13]	Фактическое значение
Ширина и глубина поверхности сиденья	не менее 400 мм	420 мм
Регулировка высоты поверхности сиденья	400–550 мм	440–570 мм
Регулировка углов наклона сиденья	вперед до 15° и назад до 5°	вперед до 15° и назад до 5°
Высота опорной поверхности спинки	300 ± 20 мм	310 мм
Ширина опорной поверхности спинки	не менее 380 мм	380 мм
Радиус кривизны горизонтальной плоскости опорной поверхности спинки	400 мм	400 мм
Угол наклона спинки в вертикальной плоскости	$\pm 30^\circ$	$\pm 30^\circ$
Регулировка расстояния спинки от переднего края сиденья	260–400 мм	260–450 мм
Стационарные или съёмные подлокотники	длина не менее 250 мм ширина 50–70 мм	длина 250 мм ширина 60 мм
Регулировка подлокотников по высоте над сиденьем	230 ± 30 мм	Нет
Регулировка внутреннего расстояния между подлокотниками	350–500 мм	420–500 мм

Параметры стула частично не соответствуют требованиям [13]: в данном рабо-

чем кресле отсутствует регулировка подлокотников по высоте над сидением.

3.1.9 Психофизиологические факторы

Факторами, оказывающими влияние на внимательность инженера и его производительность труда, в условиях его рабочего места являются:

- визуальные характеристики монитора (его яркость, контрастность, разрешение, частота обновления);
- напряженность работы;
- количество обрабатываемой информации — плотность воспринимаемых сигналов.

Используется ЖК монитор ASUS VX239H. Его фактические характеристики и нормативные значения [13] приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристики используемого ЖК монитора

Наименование фактора	Действительное значение	Нормативное значение [13]
Размер экрана по диагонали	58,42 см	не менее 31 см
Удалённость экрана	60 см	не менее 50 см
Частота обновления изображения	75 Гц	не менее 75 Гц
Контрастность	8 000 000:1	не менее 3:1
Яркость знака	250 кд/м ²	не менее 35 кд/м ²

Характеристики монитора полностью соответствуют требованиям [13].

Напряженность работы на основании данных таблицы классов условий труда по показателям напряженности трудового процесса [21] представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Напряженность работы

Критерий	Характеристика	Напряженность трудового процесса
Содержание работы	Решение сложных задач по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Напряженный труд 1 степени
Восприятие сигналов (информации и их оценка)	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой взаимосвязанных параметров	Напряженный труд 2 степени
Степень сложности задания	Обработка, проверка и контроль за выполнением задания	Напряженность труда средней степени
Характер выполняемой работы	График с возможной корректировкой	То же
Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены)	26–50%	—//—
Плотность сигнала за 1 час работы	176–300	Напряженный труд 1 степени
Число объектов одновременного наблюдения	6–10	Напряженность труда средней степени

Критерий	Характеристика	Напряженность трудового процесса
Размер объекта различения, мм, при длительном сосредоточенном наблюдении (% времени смены)	3–10 мм до 50% времени	То же
Степень ответственности	Ответственность за качество конечного результата	Напряженный труд 2 степени
Значимость ошибки	Влечет за собой дополнительные усилия в работе со стороны работника	Напряженность труда лёгкой степени
Продолжительность рабочего дня	8–9 часов	Напряженность труда средней степени

Среднее значение по данным критериям соответствует средней степени напряженности труда.

3.2 Мероприятия по обеспечению условий труда

Микроклимат в помещении в холодное время года обеспечивается с помощью системы центрального отопления. В летний же период времени в помещении не происходит регулирования температуры и влажности из-за отсутствия кондиционера. Рекомендуется установить, например, потолочный кондиционер Panasonic CS-A18BTP/CU-A18BVP5 с циркуляцией воздуха 840 м³/час.

Мероприятия по обеспечению требуемых условий по освещенности можно отнести к выбору ламп в источниках света. Часть цвет предметов освещенных люминес-

центными лампами может быть несколько искажён и быть неприятен человеку. Это, в свою очередь, вызывает усталость и напряженность глаз. Для предотвращения этого целесообразно использовать лампы с «трехполосным» и «пятиполосным» люминофором — веществом, способным преобразовывать поглощаемую им энергию в световое излучение. Это позволяет добиться более равномерного распределения излучения по видимому спектру, что приводит к более натуральному воспроизведению света. Данным параметрам соответствует лампа Philips Master TL-D De Luxe 36W/D65.

Уровень шума при использовании описанных ПЭВМ не превосходит норм, поэтому дополнительных мер для предотвращения излишнего шума не требуется. При покупке нового оборудования следует учитывать уровень шума от каждой новой единицы.

Обеспечение электробезопасности основано на применении устройств защитного отключения (УЗО). Данное устройство реагирует на ухудшение изоляции электропроводки: когда ток утечки повысится до предельной величины 30 мА, происходит отключение напряжения в течение 30 микросекунд. Целесообразно применять УЗО Legrand DX 06576.

Пожаробезопасность должна быть обеспечена при помощи обработки жидкостью от возгорания предметов мебели, инструктажа персонала на предмет мер предотвращения пожара или эвакуационных действий при пожаре, тщательной проверки оборудования на предмет повреждения проводов или оборудования.

3.3 Расчетная часть

3.3.1 Расчет уровня шума

Цель расчета — определить, соответствует ли фактический уровень шума в помещении нормативным значениям. Основными источниками шума в рассматриваемом помещении является аппаратура системных блоков ПЭВМ (кулер процессора).

Расчет производится в соответствии с [22].

План помещения с указанием рабочих мест и рабочей точки показан на рисунке 3

Будем считать, что оператор, находящийся в расчётной точке, располагается в зоне действия прямого звука. Тогда фактические значения уровней звукового давления



Рисунок 3 – План помещения с указанием рабочих мест и рабочей точки

в октановых полосах частот на расстоянии r от источника и суммарных значений от нескольких источников рассчитываются по формулам (11) и (12).

$$L_i = L_{W_i} - 20 \cdot \log r_i - 11; \quad (11)$$

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{0.1 \cdot L_i}, \quad (12)$$

где L_{W_i} — уровень звуковой мощности i -го источника.

Допустимые уровни звукового давления в расчётной точке представлены в соответствии с [13].

Расстояния от рабочих мест до рабочей точки:

$$r_1 = 1.8\text{м}, r_2 = 1.8\text{м}, r_3 = 3.1\text{м}, r_4 = 1.2\text{м}.$$

Уровни звукового давления для источников шума 1-4 (PM1-PM4) для уровня звуковой мощности кулера $L = 38$ дБ и среднегеометрической частоты 500 Гц:

$$L_1 = 38 - 20 \cdot \log 1.8 - 11 = 31.9 \text{ дБ};$$

$$L_2 = 38 - 20 \cdot \log 1.8 - 11 = 31.9 \text{ дБ};$$

$$L_3 = 38 - 20 \cdot \log 3.1 - 11 = 27.2 \text{ дБ};$$

$$L_4 = 38 - 20 \cdot \log 1.2 - 11 = 38.5 \text{ дБ}.$$

В этом случае уровень звукового давления от 4 источников:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \log(10^{0.1 \cdot 31.9} + 10^{0.1 \cdot 31.9} + 10^{0.1 \cdot 27.2} + 10^{0.1 \cdot 38.5}) = 38.5 \text{ дБ}.$$

Уровни звукового давления для источников шума 1-4 (PM1-PM4) для уровня звуковой мощности кулера $L = 37$ дБ и среднегеометрической частоты 1000 Гц:

$$L_1 = 37 - 20 \cdot \log 1.8 - 11 = 30.9 \text{ дБ};$$

$$L_2 = 37 - 20 \cdot \log 1.8 - 11 = 30.9 \text{ дБ};$$

$$L_3 = 37 - 20 \cdot \log 3.1 - 11 = 26.2 \text{ дБ};$$

$$L_4 = 37 - 20 \cdot \log 1.2 - 11 = 37.5 \text{ дБ}.$$

В этом случае уровень звукового давления от 4 источников:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \log(10^{0.1 \cdot 30.9} + 10^{0.1 \cdot 30.9} + 10^{0.1 \cdot 26.2} + 10^{0.1 \cdot 37.5}) = 37.5 \text{ дБ}.$$

Уровни звукового давления источников шума для остальных частот рассчитываются аналогично. Результаты расчётов сведены в таблицу 13.

Уровень шума в расчетной точке не превышает допустимые значения, таким образом, не требуются никакие мероприятия по снижению шума в помещении.

3.4 Вывод

В разделе «Охрана труда и окружающей среды» был проведен анализ условий труда инженера-программиста по следующим факторам: санитарно-гигиеническим, эргономическим, психофизическим; была проведена оценка помещения по электроопасности и пожароопасности. Также были предложены мероприятия по обеспечению требований предъявляемых к эргономическим характеристикам рабочего места. В расчетной части был осуществлен расчет уровня шума в помещении, в результате которого были получены значения, не превышающие допустимые.

По всем перечисленным факторам было выявлено соответствие нормам и требованиям ГОСТов, СанПиНов и СНиПу.

Таблица 13 – Сводная таблица значений уровней шума

Среднегеометрическая частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звуковой мощности кулера блока питания, дБ	35	37,5	37,5	38	37	36,5	36,5	35,5
Уровень звукового давления от источника шума 1 (PM1) при $r = 1.8$ м, дБ	28.9	31.4	31.4	31.9	30.9	30.4	30.4	29.4
Уровень звукового давления от источника шума 2 (PM2) при $r = 1.8$ м, дБ	28.9	31.4	31.4	31.9	30.9	30.4	30.4	29.4
Уровень звукового давления от источника шума 3 (PM3) при $r = 3.1$ м, дБ	24.2	26.7	26.7	27.2	26.2	25.7	25.7	24.7
Уровень звукового давления от источника шума 4 (PM4) при $r = 1.2$ м, дБ	32.4	34.9	34.9	35.4	34.4	33.9	33.9	32.9
Уровень звукового давления от 4 источников шума, дБ	35.5	38	38	38.5	37.5	37	37	36
Допустимый уровень звукового давления в расчетной точке (РТ), дБ	71	61	54	49	45	42	40	38

Заключение

здесь должно быть заключение

Список использованных источников

1. Jennions I. K. Integrated Vehicle Health Management: Perspectives on an Emerging Field. SAE International, 2011. 188 p.
2. Yairi T., Kato Y., Hori K. Fault Detection by Mining Association Rules from House-keeping Data // Proceedings of the 6th International Symposium on Artificial Intelligence and Robotics & Automation in Space (i-SAIRAS 2001). Quebec: Canadian Space Agency, 2001.
3. Fayyad U., Piatetsky-Shapiro G., Smyth P. From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases // AI Magazine. 1996. Vol. 17, no. 3. P. 37–54.
4. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly Detection: A Survey // ACM Computing Surveys. 2009. Vol. 41, no. 3. P. 15:1–15:58.
5. Деревяненко В.В. Применение Data Mining в космических приложениях // Исследования Наукограда. 2012. № 1. С. 47–51.
6. General Purpose Data-Driven System Monitoring for Space Operations / D. Iverson, R. Martin, M. Schwabacher et al. // AIAA Infotech@Aerospace Conference. 2009.
7. Iverson D. Inductive System Health Monitoring // Proceedings of The 2004 International Conference on Artificial Intelligence (IC-AI'04). Las Vegas, NV: CSREA Press, 2004.
8. Comparison of Unsupervised Anomaly Detection Methods for Systems Health Management Using Space Shuttle Main Engine Data / R. Martin, M. Shwabacher, N. Oza et al. // Proceedings of the 54th Joint Army-Navy-NASA-Air Force Propulsion Meeting. Denver, CO: 2007.
9. Columbia Accident Investigation Board: Report: Washington, D.C.: NASA, 2003.
10. Iverson D. System Health Monitoring for Space Mission Operations // Proceedings of The SpaceOps 2008 Conference (European Space Agency, AIAA). Heidelberg, Germany: 2008.

11. Гиродин. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Гиродин> (дата обращения: 20.11.2013).
12. Экономическое обоснование дипломных проектов (работ) по приборо- и радио-приборостроению / Панагушин В.П., Ковалева Т.С., Малютина О.А. [и др.]; под ред. Панагушина В.П. М.: ИВАКО Аналитик, 2008. 44 с.
13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 (с изменениями от 25 апреля 2007 г.) «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». М.: Минздрав России, 2003. 32 с.
14. ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 71 с.
15. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». М.: Минстрой России, 1995. 59 с.
16. ГОСТ 12.1.003–83 «Шум. Общие требования безопасности». М.: ИПК Издательство стандартов, 1983. 13 с.
17. The Swedish Confederation Of Professional Employees. TCO '03. 2005. URL: <http://www.dtic.ua.es/ibis/recursos/normativas/TCO03CRT.pdf> (дата обращения: 11.11.2013).
18. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое. М.: Минэнерго России, 2002. 222 с.
19. ГОСТ 12.1.038–82 «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов». М.: ИПК Издательство стандартов, 1988. 5 с.
20. ГОСТ 12.1.004–91 «Пожарная безопасность. Общие требования». М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. 83 с.
21. Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». М.: Минздрав России, 2005. 156 с.

22. Бобков Н.И., Голованова Т.В. Охрана труда на ВЦ. Методическими указаниями к дипломному проектированию. М.: МАИ, 1991. 16 с.
23. Introduction to Algorithms / T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest et al. Third Edition edition. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2009. P. 151–169.
24. ГОСТ 2.105–95 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам». М.: Стандартиформ, 2005. 29 с.
25. ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 166 с.
26. ГОСТ 7.32–2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления». М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 22 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Исходный код

тут должен быть исходный код

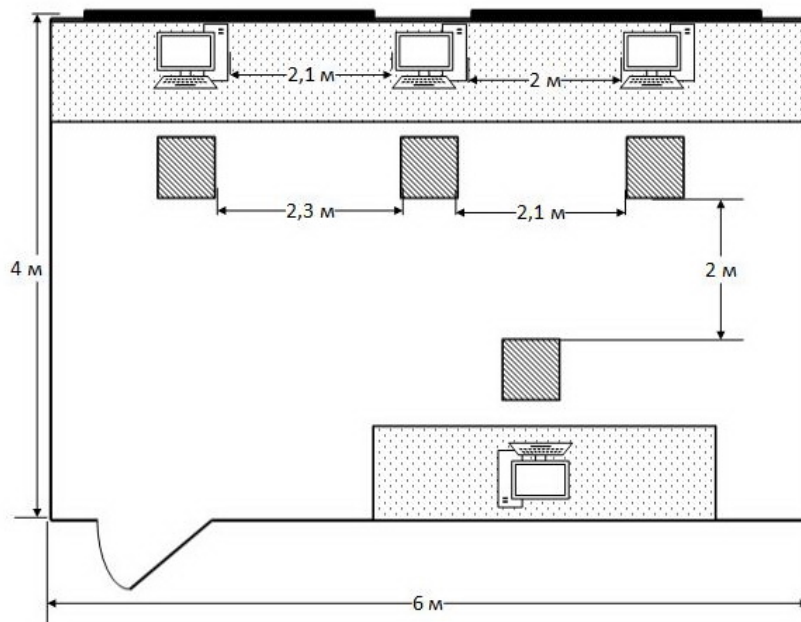


Рисунок А.1 – План помещения

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Графические материалы

тут должны быть слайды