

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

|  |
|--|
| <b>Тема работы</b><br><b>Исследование способов решения задачи распределения сеансов управления космическими аппаратами между земными станциями</b> |
|--|

УДК 004.652.6.031.43:629.786

Студент

| Группа | ФИО                             | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------------|---------|------|
| 8Б61   | Подкаминер Елизавета Дмитриевна |         |      |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО                      | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Цапко Сергей Геннадьевич | К.Т.Н.                 |         |      |

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО                          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|------------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Подопригора Игнат Валерьевич | К.Э.Н.                 |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО                              | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------------------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Матвиенко Владимир Владиславович |                        |         |      |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО                       | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент           | Шевелев Геннадий Ефимович | К.Ф.-М.Н.              |         |      |

**Планируемые результаты обучения по направлению  
01.03.02 «Прикладная математика и информатика»**

| <b>Код<br/>Результатов</b>          | <b>Результат обучения<br/>(выпускник должен быть готов)</b>  | <b>Требования ФГОС, Критерии АИОР</b>  |
|-------------------------------------|--|--|
| <i>Профессиональные компетенции</i> |  |  |
| Р1                                  | Применять глубокие математические и профессиональные знания для решения задач научно-исследовательской, проектной, производственной и технологической деятельности в области системного и прикладного программирования.  | Требования ФГОС (ОК-11, 12, ПК3, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i><br>Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий Требования работодателей: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина», ООО НАЦ «Недра», ИХН СО РАН |
| Р2                                  | Умение использовать знания по естественнонаучным дисциплинам при определении задач математического моделирования объектов и явлений в различных предметных областях  | Требования ФГОС (ПК-3,9) Критерий 5 АИОР (п.5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина», ООО «НАПО им. В.П. Чкалова», ИХН СО РАН   |
| Р3                                  | Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий. | Требования ФГОС (ОК-5, 11, 12,14,15, ПК-2, 6), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i><br>Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий Требования работодателей: Контек, ОАО «Газпром переработка», ООО Нижневартговскэнергонепть».  |
| Р4                                  | Выполнять инновационные проекты с применением глубоких профессиональных знаний и эффективных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества в условиях экономических, экологических, социальных и других ограничений.                                 | Требования ФГОС (ОК-14, ПК- 7, 9,14), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i><br>Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий. Требования работодателей: Контек, ОАО «Газпром переработка», ИХН СО РАН.                               |

|                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| P5                               | Демонстрировать знание о формах организации образовательной и научной деятельности в высших учебных заведениях, <i>иметь навыки преподавательской работы.</i>   | Требования ФГОС (ОК-1, 10, 16, ПК-1, 14, 15),<br>Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>  |
| P6                               | Способность осуществлять организационно-управленческую и социально-ориентированную деятельность с соблюдением профессиональной этики  | Требования ФГОС (ОК-5,13,16, ПК-11-13,16)<br>Критерий 5 АИОР (п.5.2.12-13) согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>  |
| <i>Универсальные компетенции</i> |   |  |
| P7                               | Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, включая разработку документации и представление результатов инновационной деятельности. Толерантность в восприятии социальных и культурных различий.        | Требования ФГОС (ОК-2, 3,4, 7, ПК-8).<br>Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> и Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий  |
| P8                               | Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации | Требования ФГОС (ОК-1,4, 6, ПК-8,11,12),<br>Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.9,5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> и<br>Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий. Требования работодателей: Контек, ОАО «Газпром переработка», ООО Нижневартговскэнергонетфть». |
| P9                               | Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.<br>Способность к интеллектуальному, культурному, нравственному и профессиональному саморазвитию.   | Требования ФГОС (ОК-8,9,16, ПК-5, 11),<br>Критерий 5 АИОР (5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i> .<br>Требования работодателей: Контек, ОАО «Газпром переработка», ООО Нижневартговскэнергонетфть».  |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки (специальность) 01.03.02 Прикладная математика и информатика  
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
Шевелёв Г.Е.

\_\_\_\_\_  
(Подпись)                      (Дата)  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                     |
|---------------------|
| Бакалаврской работы |
|---------------------|

Студенту:

| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                      |
|---------------|---------------------------------|
| 8Б61          | Подкаминер Елизавете Дмитриевне |

Тема работы:

|  |
|--|
| <b>Исследование способов решения задачи распределения сеансов управления космическими аппаратами между земными станциями</b> |
|--|

|   |  |
|---|--|
| Утверждена приказом директора (дата, номер) |  |
|---|--|

|  |  |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: |  |
|--|--|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Исходные данные к работе</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>– Постановка задачи в рамках научно-технического взаимодействия ТПУ и АО «ИСС»</li><li>– таблица зон радиовидимости космических аппаратов земными станциями за 09.02.2020; длительности необходимого обслуживания космических аппаратов на 09.02.2020</li><li>– литературные источники, содержащие информацию о методах моделирования; методах адаптивного планирования сеансов связи</li></ul> |
|---------------------------------|---|

|   |   |
|---|---|
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– изучение методов исследования мультиагентных систем;</li> <li>– выявление наиболее подходящего аналитического метода для составления расписания в мультиагентной системе;</li> <li>– составление расписания аналитически, на основе выявленного метода;</li> <li>– разработка алгоритма автоматического составления расписания;</li> <li>– имитационное моделирование и апробация разработанного алгоритма.</li> </ul> |
| <b>Перечень графического материала</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– листинг алгоритма в Mathcad; схема имитационной модели в AnyLogic; концептуальная модель алгоритма; презентация</li> </ul>   |

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

| Раздел  | Консультант                      |
|---|----------------------------------|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Подопригора Игнат Валерьевич     |
| Социальная ответственность                                      | Матвиенко Владимир Владиславович |

|   |  |
|---|--|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> |  |
|---|--|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность | ФИО                      | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Цапко Сергей Геннадьевич | к.т.н                  |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                             | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------------|---------|------|
| 8Б61   | Подкаминер Елизавета Дмитриевна |         |      |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

|               |                                 |
|---------------|---------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                      |
| 8Б61          | Подкаминер Елизавете Дмитриевне |

|                     |              |                           |  |
|---------------------|--------------|---------------------------|--|
| <b>Школа</b>        | <b>ИШИТР</b> | <b>Отделение (НОЦ)</b>    | <b>ОИТ</b>                                   |
| Уровень образования | Бакалавр     | Направление/специальность | 01.03.02 Прикладная математика и информатика |

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

|  |   |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | 1. Стоимость расходных материалов.<br>2. Стоимость расхода электроэнергии.<br>3. Норматив заработной платы. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов   | 1. Тариф на электроэнергию.<br>2. Коэффициенты для расчёта заработной платы.                                |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | 1. Отчисления во внебюджетные фонды (30%)   |

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

|  |  |
|--|--|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 1. Потенциальные потребители результатов исследования.<br>2. Анализ конкурентных технических решений.<br>3. SWOT – анализ.   |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований  | 1. Разработка структуры работы в рамках научного исследования;<br>2. Определение трудоёмкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования;<br>3. Бюджет научно – технического исследования. |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования        | 1. Определение показателей ресурсоэффективности разработки   |

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

|                  |                  |                               |                |             |
|------------------|------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Должность</b> | <b>ФИО</b>       | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| Доцент           | Подопригора И.В. | К.Э.Н.                        |                |             |

**Задание принял к исполнению студент:**

|               |                                 |                |             |
|---------------|---------------------------------|----------------|-------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                      | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
| 8Б61          | Подкаминер Елизавета Дмитриевна |                |             |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|               |                                 |
|---------------|---------------------------------|
| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                      |
| 8Б61          | Подкаминер Елизавете Дмитриевне |

|                            |              |                                  |  |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|--|
| <b>Школа</b>               | <b>ИШИТР</b> | <b>Отделение (НОЦ)</b>           | <b>ОИТ</b>                                   |
| <b>Уровень образования</b> | Бакалавр     | <b>Направление/специальность</b> | 01.03.02 Прикладная математика и информатика |

Тема ВКР:

«Исследование способов решения задачи распределения сеансов управления космическими аппаратами между земными станциями»

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

|  |  |
|--|--|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Объект исследования: алгоритм, реализуемый программистом в виде программного приложения с помощью ЭВМ. Область применения: исследование решения задачи распределения сеансов управления космическими аппаратами между земными станциями. |
|--|--|

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

|  |  |
|--|--|
| <p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul> | Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018); ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ; ГОСТ 21889-76; ГОСТ 22269-76; ГОСТ Р 50923-96; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; Федеральный закон от 22.08.1996 №125-ФЗ.   |
| <p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <p>2.2. Анализ выявленных опасных факторов</p>  | <p>Вредные и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>Превышение уровня шума</li> <li>Отклонение показателей микроклимата</li> <li>Повышенное значение напряжения в электрической цепи</li> <li>Повышенное значение электромагнитного излучения</li> <li>Напряжение зрения</li> <li>Напряжение внимания</li> <li>Интеллектуальные нагрузки</li> <li>Эмоциональные нагрузки</li> <li>Длительные статические нагрузки</li> <li>Монотонность труда</li> <li>Большой объем информации обрабатываемой в единицу времени</li> <li>Нерациональная организация рабочего места</li> </ul> |
| <p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>   | <p>При эксплуатации ЭВМ потребляется электроэнергия, вырабатываемая на электростанциях, сопровождаемая выбросами различных вредных веществ в окружающую среду. Конструкция ЭВМ содержит различные пластиковые и металлические элементы, которые в случае прихода в негодность должны быть соответствующим образом утилизированы или переданы на вторичную обработку. Рассмотрены решения по обеспечению экологической безопасности.</p>  |
| <p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>  | <p>Возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения: пожар, морозы. Наиболее типичная ЧС: пожар в результате замыкания.</p>   |

|   |  |
|---|--|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> |  |
|---|--|

**Задание выдал консультант:**

| Должность     | ФИО             | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД | Матвиенко В. В. |                        |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                             | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------------|---------|------|
| 8Б61   | Подкаминер Елизавета Дмитриевна |         |      |



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (специальность) 01.03.02 Прикладная математика и информатика  
 Уровень образования бакалавр  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

|                     |
|---------------------|
| Бакалаврская работа |
|---------------------|

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

|  |  |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: |  |
|--|--|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)                             | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
|               | Проектирование концептуальной модели распределения сеансов                        | 15                                 |
|               | Разработка алгоритма распределения сеансов  | 15                                 |
|               | Программная реализация алгоритма  | 25                                 |
|               | Имитационное моделирование распределения сеансов                                  | 25                                 |
|               | Написание части финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 15                                 |
|               | Написание части социальной ответственности  | 10                                 |

**СОСТАВИЛ:**

| Должность | ФИО                      | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент    | Цапко Сергей Геннадьевич | к.т.н.                 |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

| Должность        | ФИО                       | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------------|------------------------|---------|------|
| Руководитель ООП | Шевелев Геннадий Ефимович | к.ф. – м.н.            |         |      |

Выпускная квалификационная работа объёмом 101 страница содержит 11 рисунков, 35 таблиц, список использованных источников из 40 наименований.

Ключевые слова: космический аппарат, мультиагентная схема, моделирование, AnyLogic, теория расписаний, орбитальная группировка, сеанс связи.

Объектом исследования являются способы решения задачи составления расписания в мультиагентных системах. Предметом исследования – алгоритм планирования сеансов связи космических аппаратов (КА) и земных станций (ЗС), обслуживаемых наземным комплексом управления АО «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ» имени академика М. Ф. Решетнёва

Целью исследования является разработка алгоритма и его реализация средствами имитационного и математического моделирования для обеспечения долгосрочного планирования сеансов управления.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи:

- 1) изучение методов исследования мультиагентных систем;
- 2) выявление наиболее подходящего аналитического метода для составления расписания в мультиагентной системе;
- 3) формирование расписания аналитически, на основе выявленного метода;
- 4) разработка алгоритма автоматического составления расписания;
- 5) имитационное моделирование и апробация разработанного алгоритма.

В первой главе проанализированы технологии и подходы к управлению космическими аппаратами. Поставлена задача, рассмотрен процесс и методы управления космическим аппаратом. Произведён: анализ методов управления космическими аппаратами; выполнено проектирование концептуальной модели; произведён выбор инструментов и подходов для исследования способов решения поставленной задачи.

Во второй главе разработан алгоритм распределения сеансов связи. Определены критерии проектированию, проанализированы исходные данные, спроектирована логическая модель алгоритма. Осуществлена программная реализация алгоритма и приведены результаты его работы.

В третьей главе произведено имитационное моделирование процесса распределения сеансов связи. Описана логика модели, её блоки и параметры, проанализированы результаты.

В результате исследования разработан алгоритм, для формирования расписания сеансов связи между космическими аппаратами и земными станциями.

Область применения данного алгоритма – предприятия космической отрасли, обеспечивающие техническое обслуживание и эксплуатацию автономных космических аппаратов околоземной орбиты.

Дальнейшие работы в данном направлении подразумевают программную реализацию разработанного алгоритма и его внедрение в АО ИСС в качестве инструментария планирования расписания сеансов связи КА и ЗС.

## Определения, обозначения, сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Космический аппарат (КА) – техническое устройство, используемое для выполнения разнообразных задач в космическом пространстве, а также проведения исследовательских и иного рода работ на поверхности различных небесных тел.

Земная станция (ЗС) – радиостанция, расположенная на Земле (в т. ч. на судне или самолете), для работы в линии космической радиосвязи.

Сеанс связи (СС) – установленное в результате вызова или предварительно установленное взаимодействие между средствами связи, позволяющее абоненту передавать и (или) принимать информацию.

Центр управления полётами (ЦУП) – учреждение, обеспечивающее практическое управление полётами космических аппаратов разных классов.

Орбитальная группировка космических аппаратов (ОГ КА) – совокупность космических аппаратов, расположенных на одной орбите.

Система сбора и передачи данных (ССПД) - это комплекс оборудования и программного обеспечения, обеспечивающий передачу информации между ЗС и ЦУП.

Наземная станция командно-измерительной системы (НС КИС) – НС, применяемая для работы в составе наземного командно-измерительного пункта (КИП), либо отдельно, под управлением НКУ КА. Предназначена для управления КА, оснащенными БА.

Бортовой комплекс управления (БКУ) – Совокупность систем КА, обеспечивающих управление функционированием КА как единого целого, бортовые системы которого связаны между собой информационными каналами.

Наземный комплекс управления (НКУ) – Совокупность средств управления, обеспечивающих передачу информации на КА.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Определения, обозначения, сокращения .....                                   | 12 |
| Введение.....  | 16 |
| 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ<br>КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ..... | 18 |
| 1.1.Постановка задачи .....  | 18 |
| 1.2.Процесс управления космическим аппаратом.....                            | 20 |
| 1.3.Методы управления космическим аппаратом .....                            | 24 |
| 1.4. Сравнение методов управления.....                                       | 27 |
| 1.5. Проектирование концептуальной модели .....                              | 28 |
| 1.6. Выбор инструментов и подходов .....                                     | 32 |
| 2. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕАНСОВ СВЯЗИ .....                    | 39 |
| 2.1.Критерии к проектированию и анализ исходных данных .....                 | 39 |
| 2.2.Проектирование логической модели (алгоритма).....                        | 40 |
| 2.3.Программная реализация алгоритма.....                                    | 45 |
| 2.4.Результаты работы алгоритма .....  | 48 |
| 3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ<br>СЕАНСОВ СВЯЗИ.....   | 51 |
| 3.1.Описание логики модели .....   | 51 |
| 3.2.Описание блоков и параметров модели.....                                 | 52 |
| 3.3.Анализ результатов.....  | 54 |
| 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И<br>РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....   | 56 |
| 4.1.Организация и планирование работы .....                                  | 56 |
| 4.1.1. Продолжительность этапов работ.....                                   | 57 |

|   |    |
|---|----|
| 4.1.2. Разработка графика проведения научного исследования.....                         | 59 |
| 4.2.SWOT-анализ.....  | 62 |
| 4.3.Анализ конкурентных решений .....   | 63 |
| 4.4.Потенциальные потребители результатов исследований.....                             | 65 |
| 4.5.Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....                                      | 66 |
| 4.5.1. Расчет материальных затрат .....   | 66 |
| 4.5.2. Расчет заработной платы для исполнителей.....                                    | 67 |
| 4.5.3. Расчет затрат на страховые взносы.....   | 68 |
| 4.5.4. Расчет затрат на электроэнергию.....   | 68 |
| 4.5.5. Расчет амортизационных расходов.....   | 69 |
| 4.5.6. Расчет прочих расходов .....   | 70 |
| 4.5.7. Расчет общей себестоимости разработки.....                                       | 70 |
| 4.5.8. Расчет прибыли.....  | 71 |
| 4.5.9. Расчет НДС .....   | 71 |
| 4.5.10. Цена разработки НИР .....   | 71 |
| 4.5.11. Оценка научно-технического эффекта .....  | 71 |
| Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»..... | 74 |
| 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....  | 76 |
| 5.1.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....                   | 76 |
| 5.1.1. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. ....                    | 77 |
| 5.2.Производственная безопасность .....   | 79 |
| 5.2.1. Анализ выявленных вредных факторов .....   | 81 |
| 5.2.2. Анализ выявленных опасных факторов .....   | 90 |
| 5.3.Экологическая безопасность .....  | 91 |

|   |    |
|---|----|
| 5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.   | 91 |
| 5.3.2. Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду.                                    | 91 |
| 5.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.  | 92 |
| 5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях  | 93 |
| 5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.                                 | 93 |
| 5.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.          | 93 |
| 5.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС | 93 |
| Выводы по разделу «Социальная ответственность»  | 94 |
| Заключение  | 96 |
| Список использованных источников  | 97 |

## Введение

Актуальность темы выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что в настоящий момент число проектов, основанных на орбитальных группировках космических аппаратов (ОГ КА), постоянно увеличивается, вместе с тем растёт потребность в увеличении количества и продолжительности сеансов связи (СС) между космическими аппаратами (КА) и земными станциями (ЗС). Так как использование группировок малых спутников позволяет решать актуальные задачи на качественно ином уровне, открывая перспективы развития глобальных сервисов космического базирования, которые часто называют «космическим Интернетом» [1], растёт количество используемых космических аппаратов (КА), и обслуживающих их земных станций (ЗС). Для обеспечения целевого функционирования создаваемых космических систем ОГ необходимо решить задачи организации сеансов связи для получения данных наземными комплексами управления (НКУ) и передачи команд на борт КА в режиме реального времени.

Выпускная квалификационная работа посвящена анализу существующих методов планирования СС КА с ЗС и созданию системы формирования расписания СС на заданный период времени. Для этого необходимо исследуя различные подходы создать алгоритм, позволяющий адаптивно перераспределять задачи по организации сеансов связи (СС). Таким образом, данный алгоритм должен устанавливать связь между требующим обслуживания КА и любой свободной на необходимое время ЗС. При этом необходимо учесть изменение количества КА и ЗС и изменения продолжительности сеансов связи.

Предметом исследования является алгоритм планирования сеансов связи космических аппаратов (КА) и земных станций (ЗС), обслуживаемых наземным комплексом управления АО «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ» имени академика М. Ф. Решетнёва.



Цель работы – разработка алгоритма и его реализация средствами имитационного и математического моделирования для обеспечения долгосрочного планирования сеансов управления.

В связи с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

- 1) изучение методов исследования мультиагентных систем;
- 2) выявление наиболее подходящего аналитического метода для составления расписания в мультиагентной системе;
- 3) формирование расписания аналитически, на основе выявленного метода;
- 4) разработка алгоритма автоматического составления расписания;
- 5) имитационное моделирование и апробация разработанного алгоритма.

Практическая значимость данной работы заключается в более выгодном для предприятия, с точки зрения экономики, распределении СС. Благодаря составленной программе, ЗС смогут чаще выключаться, и как следствие, увеличится ресурсоэффективность предприятия. Так же благодаря этой программе, уменьшится количество работ, проводимых вручную и требующих большого количества человеко-часов.

В результате выполнения исследования была создана программа по распределению сеансов связи (СС) с возможностью изменения входных данных. Алгоритм позволяет составить расписание СС в режиме реального времени в виде таблиц, в которых указано время и агенты, участвующие в СС.

# 1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

## 1.1. Постановка задачи

Компания «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва» – ведущее предприятие России по созданию космических аппаратов связи, телевидения, ретрансляции, навигации, геодезии. В направления деятельности компании помимо создания космических аппаратов, их составных частей, проектировки, испытания, ввода в эксплуатацию и создания наземных комплексов управления для КА входит управление многоспутниковыми группировками. В современных условиях эффективность функционирования орбитальной группировки (ОГ) космических аппаратов (КА) в значительной степени определяется эффективностью ее системы управления [2]. Одной из основных задач АО ИСС является сервисное обслуживание и сопровождение КА навигации и связи, разных ОГ, непрерывно функционирующих на околоземных орбитах над территорией не только России, но и всего мира [3].

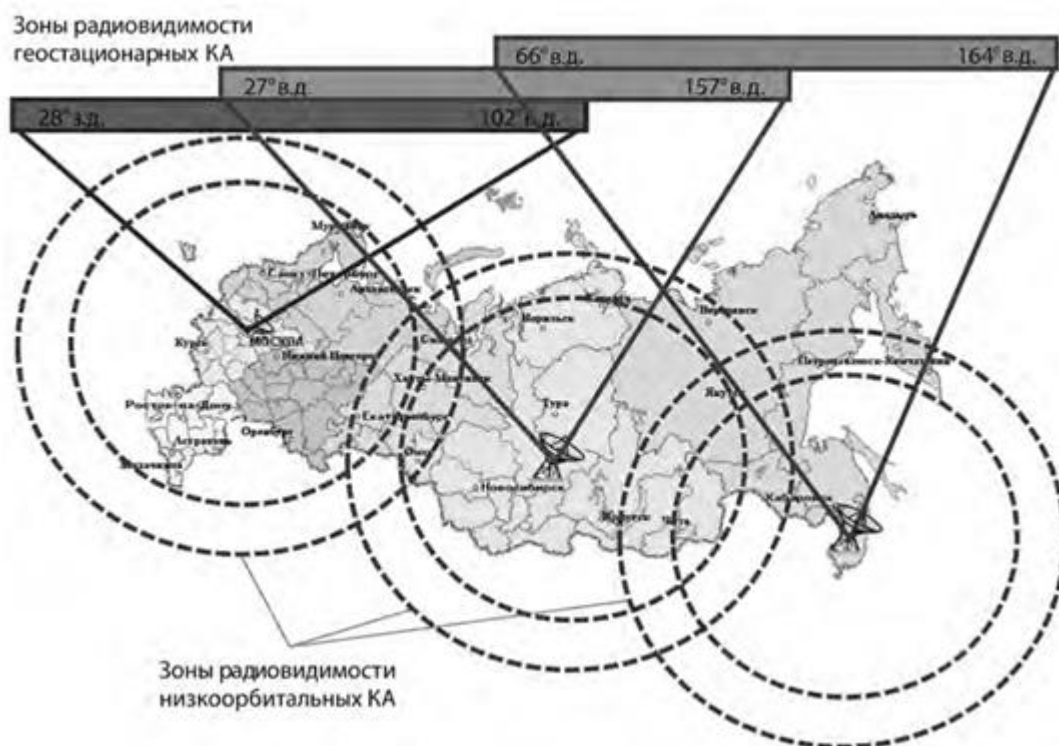


Рисунок 1.1 – Схематичное расположение командно-измерительных пунктов

В процессе своего функционирования космические аппараты требуют постоянного контроля и обслуживания со стороны НКУ. Ввиду того, что физически техническое обслуживание не представляется возможным, так как космический аппарат находится на орбите и не является физически доступным для человека, контроль и обслуживание производится на программном уровне. Средствами связи КА с НКУ являются земные станции (ЗС). У каждой ЗС есть свой набор параметров для связи с КА в определённый момент времени из-за ограничений зоны радиовидимости и функциональности каждой земной станции. Естественно, что держать в голове все ограничения и при этом уметь распределять ЗС между КА в динамично меняющихся условиях человеку не под силу. В связи с этим, задача автоматизированного планирования и автоматического составления графика СС КА и ЗС является актуальной и востребованной. При этом каждая земная станция имеет свои технические ограничения на работу, которые могут сказаться на точности навигации. Поскольку все эти ограничения влияют на оперативное решение задачи распределения сеансов между космическими аппаратами и наземными земными станциями, а в центре управления полётами средства решения этой задачи не оптимальны. Необходимо разработать алгоритм решения задачи планирования сеансов связи космических аппаратов с земными станциями с учётом имеющихся ограничений и динамично меняющихся условий.

Для КА требуется проводить обслуживание практически каждый день, такое обслуживание называется технологическим циклом управления (ТЦУ). ТЦУ должен обеспечить работоспособность ОГ КА в рамках выполнения основной задачи ОГ КА и это является первоочередной целью планирования.

Для решения вышеуказанных проблем, необходимо создать эффективный инструмент, формирующий расписание автоматически на основе разработанного алгоритма планирования СС КА и ЗС, сведя участие человека к минимуму.

Разработанный инструментарий позволит сократить количество человеко-часов потраченных на задачу составления расписания.

## 1.2. Процесс управления космическим аппаратом

Процесс управления космическими аппаратами можно охарактеризовать как процесс управления параметрами состояния КА, направленный на достижение цели полёта. Целью процесса управления является последовательное изменение одних и поддержание в определённых пределах других параметров состояния КА.

К характеристикам состояния КА обычно относят [4], [5]:

- параметры состояния бортовых систем;
- параметры состояния элементов конструкции, определяемые степенью износа, целостности, значениями приобретённых деформаций, герметичностью замкнутых объёмов;
- параметры углового движения КА, определяемые задачами ориентации и стабилизации его осей относительно базовой системы отсчёта;
- комплексные параметры (целевые функции) степени выполнения задач полёта на фиксированный момент времени.

Опыт эксплуатации космическими аппаратами говорит о том, что эффективное управление их полётом лучшим образом обеспечивается системой из нескольких контуров [6], [7].

Первый контур – наземный комплекс управления (НКУ), состоящий из центра управления полётом (ЦУП), наземной станции командно-измерительной системы (НС КИС) и системы связи передачи данных (ССПД), представлен на рисунке 1.2. ЦУП обеспечивает решение следующих задач [8].

- управление в период лётной эксплуатации в штатных и аварийных ситуациях;
- долговременное и оперативное планирование работы систем КА и НКУ;
- автоматизированная подготовка исходных данных для принятия решений по управлению КА средствами НКУ;

- автоматизированный расчёт, формирование, регистрация, документирование и выдача команд и программ управления бортовой аппаратурой;
- автоматизированный сбор, хранение, регистрация, обработка, документирование и воспроизведение телеметрической и траекторной информации;
- автоматизированный анализ и отображение состояния бортовой аппаратуры КА;
- определение параметров орбиты КА для прогнозирования движения и коррекции орбиты, определение и выдача исходных данных для расчёта зоны радиовидимости (ЗРВ);
- расчет целеуказаний для наведения антенны наземных станций КИС;
- планирование и координация проведения работ по управлению КА;
- решение задач баллистического обеспечения управления КА;
- автоматизированное взаимодействие с НС КИС [7], [9], [10].

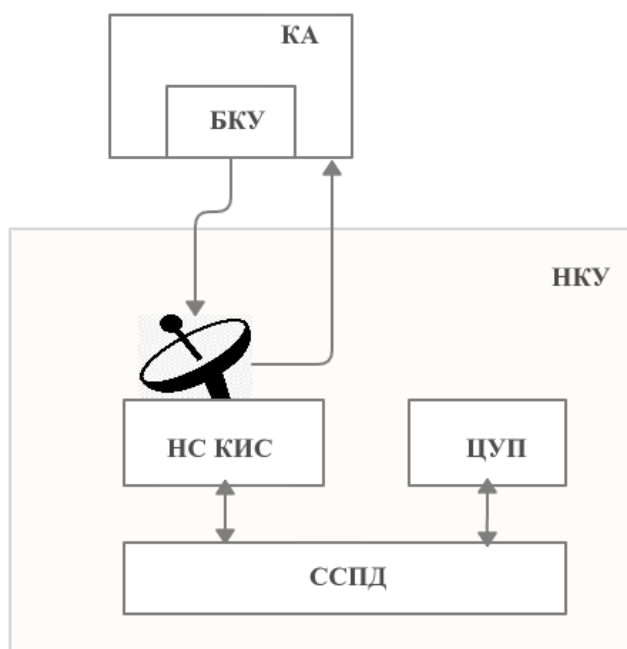


Рисунок 1.2 – Схема управления космическим аппаратом  
НС КИС предназначена для решения следующих задач:

- управление КА;
- взаимодействие с бортовой аппаратурой (БА) КИС;
- приём из ЦУП по ССПД технологической, командно-программной информации (КПИ) и начальных условий (НУ);
- расчёт целеуказаний (ЦУ) по НУ, получаемых из ЦУП по ССПД;
- автосопровождение КА по ЦУ;
- приём с КА телеметрической информации (ТМИ), её расшифровывание и передача в ЦУП;
- шифрование и передача на КА радиокоманд (РК) и массивов КПИ, полученных из ЦУП;
- проведение измерения текущих навигационных параметров (ИТНП) (угловых измерений и дальности), выдача результатов измерений в ЦУП;
- формирование и привязка местной шкалы времени НС КИС к единому времени по сигналам приёмников;
- формирование информации функционального контроля (ИФК) НС КИС, и передача её в ЦУП;
- отображение и документирование всех видов информации.

ССПД формирует защищённую связь между составными отделами НКУ, а также между внешними абонентами и ЦУП.

Второй контур – бортовой комплекс управления, включающий в себя «интеллектуальную» часть в виде бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ) и исполнительную – в виде приборов, преобразующих выходные сигналы БЦВМ в управляющие воздействия заданного вида.

Бортовой комплекс управления служит ядром модуля служебных систем КА и должен формировать [11]:

- управляющую платформу для реализации задач контуров управления бортовых систем КА;
- управление автономным контуром управления КА;

- информационно-логическое взаимодействие с внешним модулем управления КА.

Управление группой типовых КА осуществляется из единого НКУ, который имеет соответствующий набор средств для обеспечения последовательно-параллельной работы с каждым КА. Для управления космическим аппаратом целевого назначения используются разные модели НКУ, отличающиеся ведомственной принадлежностью (гражданской или военной), типом космического аппарата и используемыми орбитами. Управляющие воздействия (радиокоманды (РК)) и закладываемая информация (командно-программная информация (КПИ), а также цифровая информация (ЦИ)) формируются в ЦУП. По линиям ССПД передаются в НС КИС, и далее из центральной станции поступают на антенную систему и передаются на КА. На космическом аппарате информация принимается антенной и передаётся в БКУ. Далее БЦВМ производит все необходимые действия и получает ответ на запрос от аппаратуры КА. Ответ в виде телеметрической информации (ТМИ) передаётся на антенну и потом на Землю. На Земле ТМИ принимается антенной. Затем передаётся в соответствующие центры (например, центр сбора телеметрической информации или баллистический центр) и после обработки передаётся в ЦУП [11], [12].

Для обеспечения бесконфликтного использования средств управления необходимо централизованное планирование их задействования, реализуемое органом планирования. Процесс планирования задействования средств управления КА заключается в распределении этих средств, а именно их временного ресурса. Распределение временного ресурса осуществляется на основании заявок на задействование средств управления, поступающих от ЦУП КА. По мере увеличения числа КА, находящихся на орбите, возрастает и число заявок.

### 1.3. Методы управления космическим аппаратом

В каждом из контуров управления (которые описаны в предыдущем параграфе) существует свой источник управляющих воздействий (УВ). В связи с этим можно выделить две группы методов управления, представленные на рисунке 5: для первой группы источником УВ является наземный комплекс управления (НКУ) (командный, программный, командно-программный), для второй группы источником УВ является бортовой комплекс управления (автономный, координатный, координатно-временной, координатно-программный, программно-временной) [5].

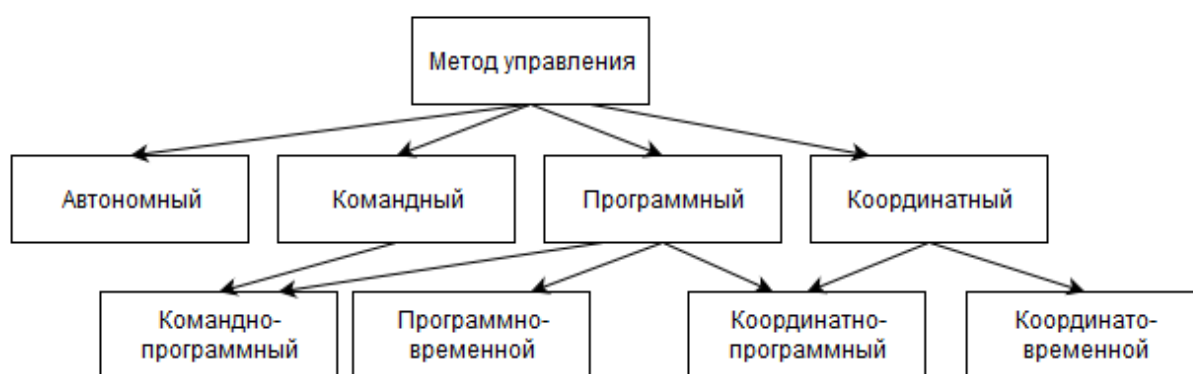


Рисунок 1.3 – Методы управления космическим аппаратом

Командный метод управления заключается в том, что каждая конкретная операция управления осуществляется только по командам от НКУ. Преимущество данного метода в том, что он является наиболее продуктивным для стационарных КА и КА, находящихся на высокоэллиптической орбите. Но есть и недостаток: он очень трудоемкий, так как требует постоянного задействования средств и служб НКУ.

Программный метод управления реализуется на борту космического аппарата с использованием программ, закладываемых с Земли и выполняемых далее автономно [3]. При реализации данного метода есть свои преимущества: нет необходимости учитывать время и условия распространения радиоволн, состояние атмосферы, наличия помех, а также существенно снижается нагрузка НКУ. Однако метод имеет и недостатки, основным из которых является



отсутствие на Земле полноценного контроля состояния бортовых систем КА в процессе выполнения отдельных команд заложенной программы управления.

Комбинированное управление (командно-программный метод управления) совмещает в себе функции рассмотренных командного и программного управления. Производится контроль отработки бортовой программы и оперативное вмешательство в процесс управления при отклонении его от требуемого [5]. Метод комбинирования управления имеет свои достоинства: существенно уменьшает объем информации, передаваемой по каналам связи, что значительно облегчает процесс управления и снижает загрузку средств НКУ. В связи с реализуемой гибкостью управления этот метод получил широкое распространение при проектировании и создании современных КА. Но у него есть и недостатки: из-за отсутствия на Земле полноценного контроля состояния бортовых систем КА в процессе выполнения отдельных команд заложенной программы управления, необходимо создавать канал «передачи-приема» сигналов аварийного оповещения.

В рамках программно-временного метода управления обеспечивается отработка программ, во время которых подается УВ в определенный момент времени [3]. Расчеты времени выдачи разовых команд, временных и параметрических установок, исходных данных выполняются в НКУ. Результаты расчетов передаются на борт КА в виде рабочей программы, а все управляющие команды (сигналы) формируются в бортовом комплексе управления как заданная функция времени в соответствии с рабочей программой.

Автономный метод управления осуществляется с помощью БЦВМ, входящей в состав бортовой аппаратуры и выдающей определенную команду на основе анализа текущих условий, в соответствии с заложенной ранее логикой [3]. Этот метод самый распространенный благодаря своему преимуществу: постоянная возможность и быстрота принятия решения по управлению за счет того, что это все происходит на борту КА. Однако, в этом и

недостаток метода: сложность контролирования и изменения логики процесса управления с Земли.

Координатный метод управления реализуется с помощью управляющих воздействий, закладываемых на КА и выдаваемых по достижению нужных координат [5]. Заключается в том, что управляющие команды формируются как функция измеряемых текущих координат положения КА, текущего состояния подсистем КА и исходных данных, необходимых для выполнения целевых задач КА. Преимущество данного метода: точность выполнения команд по достижению заданных координат. Недостаток: каждый раз, исходя из отчетов о выполненных командах, с Земли на борт КА закладываются новые команды.

Координатно-временной метод управления характеризуется тем, что управляющие команды (сигналы) формируются как функция не только измеряемых, но и прогнозируемых параметров движения центра масс КА. Заключается в том, что подготовка всей необходимой аппаратуры для выполнения целевых задач производится автономно на борту КА по заданным с Земли географическим координатам, их протяженности и высоте расположения над поверхностью мирового океана [5]. Основные преимущества метода: повышение точность наведения КА на объекты наблюдения, и резкое усиление оперативности работы и автономности полета спутника. Недостатки: сложность контролирования и изменения логики процесса управления с Земли.

Координатно-программный метод управления является компиляцией рассмотренных выше координатного и программного методов. Заключается в реализации программ, заложенных с Земли на борт КА и выдаваемых по достижению нужных координат [10]. Преимущества данного метода: точность выполнения серии команд по достижению заданных координат, уменьшение объема передаваемой информации. Недостаток: сложность контролирования состояния бортовых систем КА в процессе выполнения отдельных команд заложенной программы управления, то есть существует необходимость создавать канал «передачи-приема» сигналов аварийного оповещения [13] [14][18-23].

#### 1.4. Сравнение методов управления

Для сравнения всех существующих методов между собой ниже приведена таблица 1.1 [12]. Выбраны следующие шесть критериев (согласно документации): наличие БЦВМ на борту КА, источник управляющих воздействий, выполнение серии команд, зависимость от координат, наличие КА в зоне радиовидимости и временная точность выполнения команд.

Таблица 1.1 – Сравнение методов управления космическими аппаратами

| Метод управления        | Наличие БЦВМ на борту КА | Источник УВ | Выполнение серии команд | Зависимость от координат | Наличие КА в зоне радиовидимости | Временная точность выполнения команд |
|-------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Командный               | -                        | НКУ         | -                       | -                        | +                                | -                                    |
| Программный             | -                        | НКУ         | +                       | -                        | -                                | -                                    |
| Командно-программный    | -                        | НКУ         | +                       | -                        | +                                | -                                    |
| Программно-временной    | +                        | БКУ         | +                       | -                        | +                                | +                                    |
| Автономный              | +                        | БКУ         | +                       | -                        | -                                | -                                    |
| Координатный            | +                        | БКУ         | -                       | +                        | -                                | -                                    |
| Координатно-временной   | +                        | БКУ         | -                       | +                        | -                                | +                                    |
| Координатно-программный | +                        | БКУ         | +                       | +                        | -                                | -                                    |

\*«-» – отсутствие данного критерия; «+» – данный критерий присутствует полностью или частично

Для текущей задачи будет выбран программно-временной метод, так как управление космическими аппаратами будет происходить удаленно из-за отсутствия физического доступа к бортовой аппаратуре, а для планирования сеансов связи необходимо работать с зонами радиовидимости, которые будут преобразованы в расписание [12], [13], [15], [16].

### **1.5. Проектирование концептуальной модели**

Для решения задачи планирования сеансов связи необходимо сформулировать общее представление взаимодействия между земными станциями и космическими аппаратами. Для моделирования поведения процесса распределения ресурсов и временных промежутков для сеансов связи возникает потребность в алгоритмической детализации и логической разработке операций. Концептуальное описание представляет собой упрощенное алгоритмическое отображение реальной системы.

Для упрощения понимания концептуальной модели работы системы она была разделена на 2 прецедента:

- 1) генерация массива заявок;
- 2) прием массива заявок.

#### Прецедент 1. Генерация массива заявок

Краткое описание: формирование комплексной заявки, содержащей в себе ограничения и приоритетность, для связи с орбитальной группировкой.

Действующее лицо прецедента: наземный комплекс управления.

Базовый поток – генерация массива заявок:

- введение исходных данных, требований и ограничений;
- получение информации о радиоэлектронной обстановке;
- анализ факторов, влияющих на качество связи;
- формирование параметров каналов связи ЗС с ОГ;
- формирование заявки на задействование выбранного ресурса ОГ
- прием заявки от НКУ;

- определение приоритетных заявок и фильтрация по степени важности;
- формирование массива заявок для передачи в ЦУП.

Предусловие: оператор в наземном комплексе управления должен получить исходные данные для работы, требования и ограничения к пропускной способности, классификации космических аппаратов и возможным зонам радиовидимости.

Постусловие: после успешного формирования массива заявок в ОГ данные должны отправиться в центр управления.

Описанная диаграмма активности представлена на рисунке 1.4.

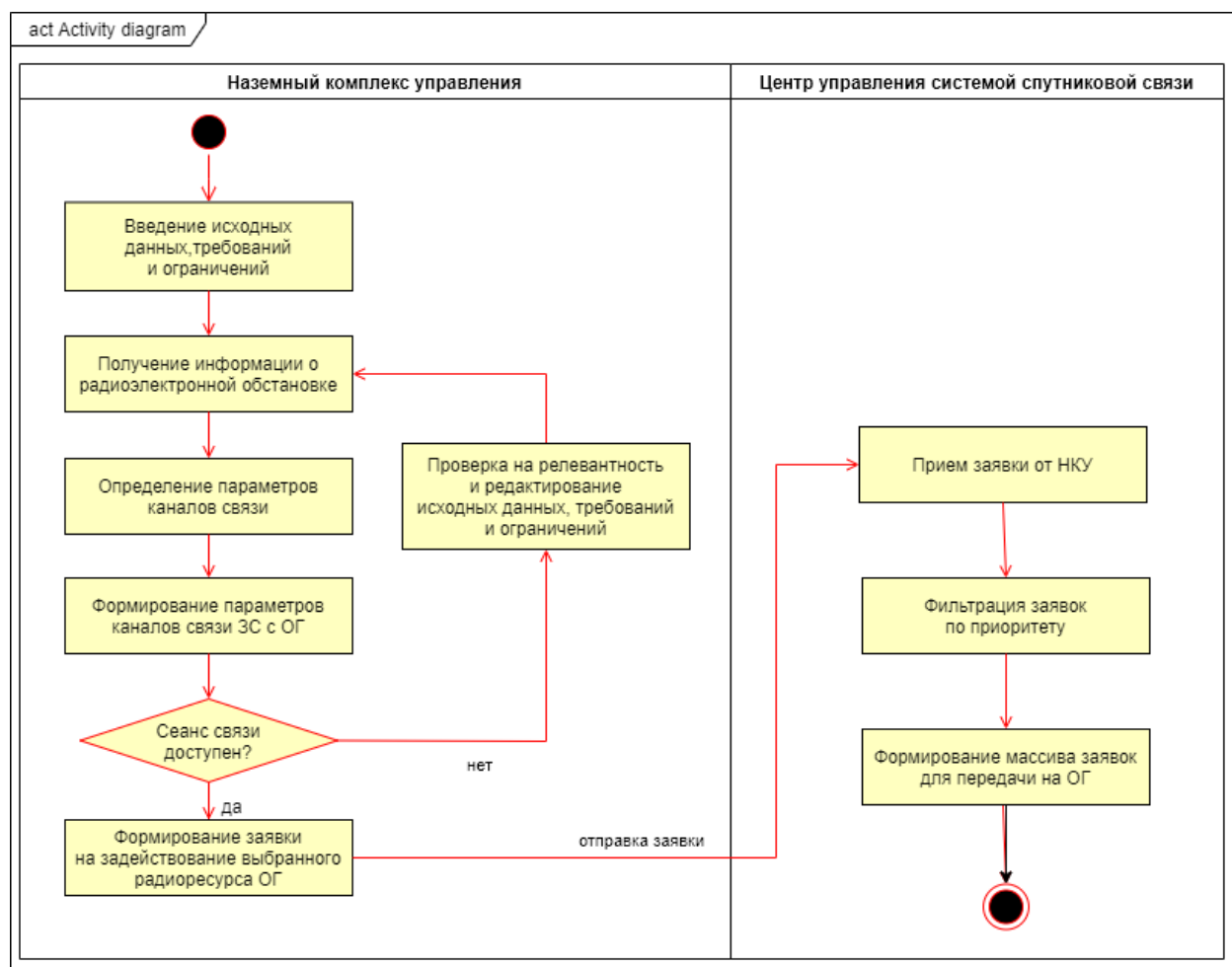


Рисунок 1.4 – Генерация массива заявок (создание космических аппаратов)

Данная диаграмма описывает действия по формированию комплексной заявки с содержанием полной информации о параметрах, ограничениях и требованиях, заданных оператором. После ввода все данных в систему

необходимо получить информацию о радиоэлектронной обстановке, включающей в себя набор факторов, влияющих на качество передаваемого радиосигнала между земными станциями и космическим оборудованием. В дальнейшем необходимо произвести анализ факторов, влияющих на качество связи с целью определения помех и спрогнозировать возможные последствия. Параметры каналов связи формируются для определения возможных зон радиовидимости, частот, помехоустойчивости, скорости передачи и др. В случае, если при учете всех параметров сеанс связи возможно совершить, то формируется заявка на задействование канала связи. Заявка отправляется в ОГ, где происходит отбор приоритетных заявок и отправка их в центр управления.

#### Прецедент 2. Прием массива заявок

Краткое описание: прием массива заявок для преобразования в график сеансов связи.

Действующее лицо прецедента: центр управления системой спутниковой связи.

Базовый поток – прием массива заявок:

- прием массива заявок с ограничениями от ОГ;
- определение состояния земной станции и космических аппаратов (для возможного сеанса связи);
- формирование потенциальных зон радиовидимости у земных станций и зон видимости космических аппаратов;
- определение возможных каналов связи и занятости каналов связи;
- формирование массива сеансов связи
- моделирование процесса измерения временных интервалов;
- получение и анализ результата работы модели;
- преобразование результата работы в график сеансов связи.

Предусловие: получение массива заявок.

Постусловие: после успешного формирования массива заявок в ОГ данные должны отправиться в центр управления.

Описанная диаграмма активности представлена на рисунке 1.5.

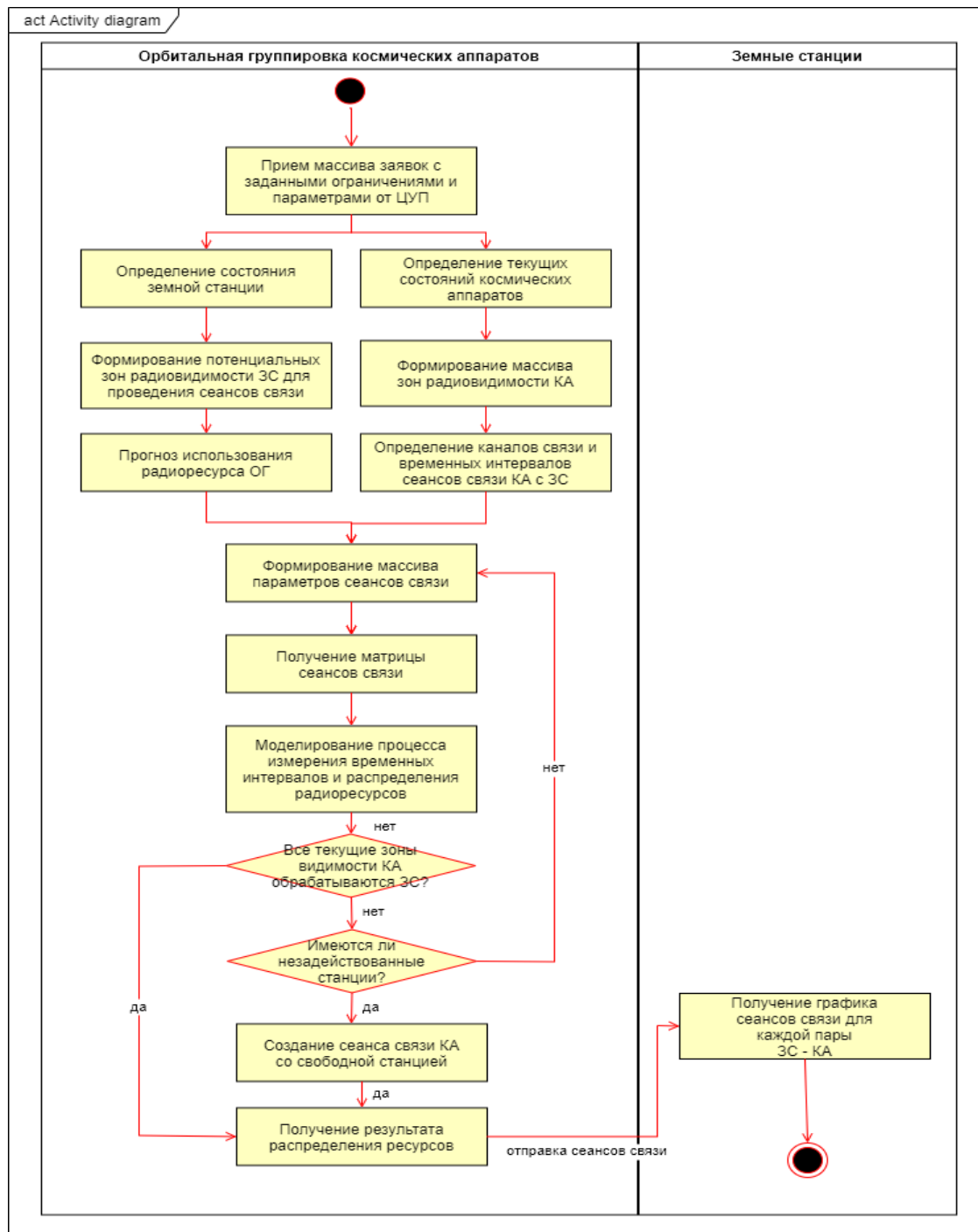


Рисунок 1.5 – Приём массива заявок (создание графика сеансов связи)

Данная диаграмма показывает преобразование массива заявок в график сеансов связи. Центр управления принимает массив заявок, который содержит требования и ограничения по пропускной способности каналов связи и параметрам космических аппаратов, совокупность зон радиовидимости, координаты частот и другие параметры. В дальнейшем, происходит определение состояний земных станций и орбитальной группировки для

готовности провести сеанс связи. После определения состояний земных станций и космических аппаратов формируется массив зон радиовидимости космических аппаратов и земных станций для анализа работоспособности земных станций и космических аппаратов из орбитальной группировки. Полученные ранее совокупности зон радиовидимости космических аппаратов и земных станций при совмещении позволяют сформировать совокупность каналов связи и прогноз использования каналов связи. Результаты, полученные при формировании каналов связи и прогноза использования каналов связи, позволяют создать программу, которая будет формировать массив сеансов связи для дальнейшего моделирования процесса. При моделировании процесса занятости каналов связи будут учитываться расписания зон видимости земных станций и орбитальной группировки, позволяющих проверить работу алгоритма формирования сеансов связи. Результаты моделирования преобразуются в график сеансов связи для каждой земной станции [6].

### **1.6. Выбор инструментов и подходов**

Для исследования способов решения задачи распределения сеансов управления КА между ЗС, обратимся к моделированию.

Моделирование – метод исследования объектов познания на их моделях. Он предполагает построение и изучение моделей реально существующих предметов и явлений.

Моделирование используется в тех случаях, когда исследуемый объект либо труднодоступен, либо его прямое изучение экономически невыгодно [17].

Моделирование является наиболее конструктивным при исследовании поведения КА в космическом пространстве, учитывая возможности использования компьютерного обеспечения. В данной работе используется математическое моделирование с помощью программы Mathcad и решение с помощью моделирования в среде программирования AnyLogic.

Рассмотрим процесс моделирования более подробно:



Модель – Образец, используемый для замещения оригинала другой системой в целях изучения оригинала или воспроизведения его свойств описывающий какой либо объект, процесс или явление [18].

Моделирование предоставляет возможность исследования таких объектов, прямой эксперимент с которыми:

- трудновыполним;
- экономически невыгоден;
- вообще невозможен.

Моделирование, как процесс исследования сложных систем, в общем случае предполагает решение следующих взаимосвязанных задач:

- разработка модели;
- анализ характеристик системы;
- синтез системы;
- детальный анализ синтезированной системы.

Процесс моделирования основан на ранее поставленных целях исследования и с соблюдением границ моделирования. Разработка начинается с изучения реальной системы, ее структуры, содержания взаимосвязей внутренних элементов и внешних воздействий [19].

Этапы моделирования:

I Анализ требований и проектирование:

1. постановка и анализ задачи;
2. сбор и анализ исходной информации;
3. построение концептуальной модели.

II Разработка алгоритма:

1. выбор среды;
2. составление логической модели;
3. описание алгоритма;
4. результаты работы алгоритма.

III Математическое моделирование:

1. Описание логики модели;
2. Описание блоков и параметров модели;
3. Анализ результатов.

IV Подведение итогов моделирования в соответствии с целью и задачами

Основные этапы моделирования представлены на рисунке 1.6 [20]

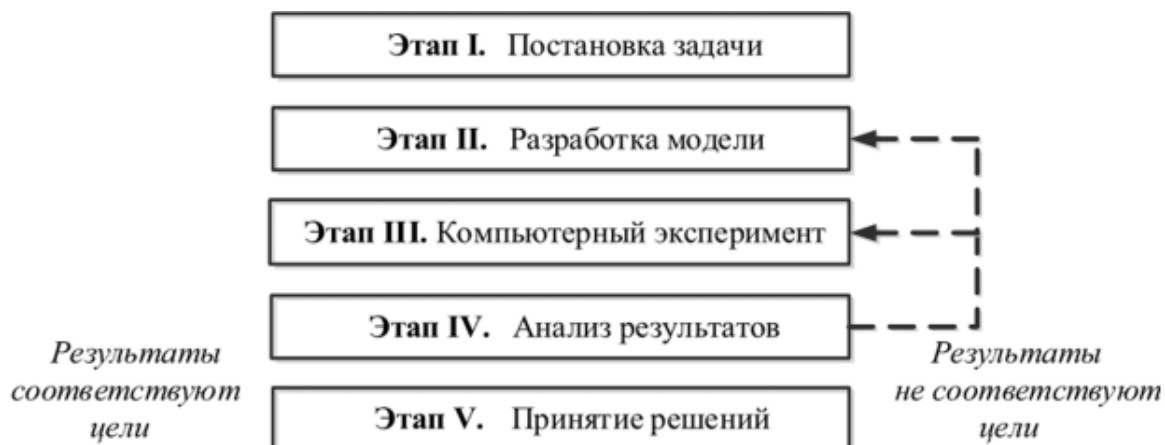


Рисунок 1.6 – Этапы моделирования

После составления концептуального метода распределения сеансов связи и выбора метода управления космическим аппаратом можно сделать вывод о том, что для решения задачи распределения сеансов необходимо разработать модель, которая позволит описать зоны радиовидимости и преобразовать их в график сеансов связи. Для выбора подхода к моделированию было произведено сравнение математического, физического и аналогового моделирования. На основании требований к алгоритму при постановке задачи были сформированы критерии для оценки подхода к моделированию, результаты сравнения занесены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Выбор подхода к моделированию

| <b>Подходы к моделированию</b>   | <b>Математическое</b> | <b>Физическое</b> | <b>Аналоговое</b> |
|--|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Непосредственное наблюдение протекающих процессов                                      | -                     | +                 | -                 |
| Достаточная достоверность результатов  | +                     | +                 | -                 |
| Низкая стоимость моделирования   | +                     | -                 | +                 |
| Возможность изучения процессов модели по аналогии с процессами иной физической природы | -                     | -                 | +                 |
| Независимость точности результата от подбора элементов                                 | -                     | +                 | -                 |
| Простота и быстрота анализа модели   | +                     | -                 | -                 |
| Выделение наиболее существенных свойств объекта  | +                     | -                 | +                 |
| Возможность не учитывать физическую природу объекта                                    | +                     | -                 | -                 |
| Возможность исследования работы объекта в различных режимах                            | +                     | -                 | -                 |
| Возможность визуального наблюдения процессов в объекте                                 | -                     | +                 | -                 |

Анализируя полученную таблицу, можно прийти к выводу, что в данной ситуации больше подходит математическое моделирование, ведь оно дешёвое, точное и относительно просто для создания. Так же при математическом моделировании можно предсказывать поведение системы на достаточно длительных промежутках времени.

Для математического моделирования необходимо выбрать программу, специализирующуюся на данном виде задач. Расчёты можно провести и вручную, но вероятность ошибки, как и сложность, и длительность процесса моделирования возрастают в разы. Компьютер же превосходит человека по

скорости математических и логических операций в единицу времени, чем и объясняется выбор моделирования с помощью программ.

В области математического моделирования существует множество различных программ, проанализируем самые известные из них [7], [21].

Таблица 1.3 – Сравнительная таблица пакетов математического моделирования

| <b>Программы для математического моделирования</b> | <b>MATLAB</b> | <b>Maple</b> | <b>Mathematica</b> | <b>MathCad</b> |
|--|---------------|--------------|--------------------|----------------|
| Скорость расчётов                                  | +             | -            | +                  | +              |
| Простота использования                             | -             | +            | +                  | +              |
| Распространённость языка программирования          | +             | +            | -                  | +              |
| Понятная система поддержки                         | -             | +            | +                  | +              |
| Выполнение действий в символьном виде              | -             | +            | -                  | +              |
| Доступная цена                                     | -             | +            | +                  | -              |
| Рекомендуемое ОЗУ, Мб                              | 512           | 256          | 256                | 256            |
| Необходимое ПЗУ, Мб                                | 400           | 400          | 400-550            | 200-400        |

Сравнив несколько программ математического моделирования, можно сделать вывод, что наиболее подходящим решением будет использования пакета MathCad, его высокая цена не столь важна, так как ТПУ предоставляет бесплатный доступ своим студентам и сотрудникам.

Для апробации программы, в которой будет реализован алгоритм, необходимо разработать наглядную модель, которая может визуализировать полученные результаты в программе. В связи с тем, что решение задачи исходя из концептуальной модели, сводится к мультиагентному подходу, то для апробации подойдет имитационная модель, которая сможет учесть создание и

использование нескольких агентов. В данном случае это будут агенты КА и агенты ЗС.

Анализ известных программ имитационного моделирования представлен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Сравнительная таблица пакетов имитационного моделирования

| Характеристика                          | AnyLogic 7   | Arena   | Simulink   | GPSS World                                      |
|---|--|---|--|---|
| Производитель                           | The AnyLogic Company   | Rockwell Automation Inc   | MathWorks Inc  | Minuteman Software                              |
| Области применения                      | Бизнес-процессы;<br>Социальная динамика;<br>Управление проектами и персоналом;<br>Производство;<br>Логистика | Бизнес-процессы;<br>Производство;<br>Логистика;<br>Склад; Центр обработки вызовов | Медицинские исследования;<br>Системы управления, финансовые расчеты;<br>Обработка сигналов и изображений | Производство;<br>Системы массового обслуживания |
| Язык программирования                   | Java   | SIMAN   | MATLAB   | GPSS  |
| Системная динамика                      | +  | –   | +  | –   |
| Агентное моделирование                  | +  | –   | –  | –   |
| Дискретно-событийное моделирование      | +  | +   | +  | +   |
| 3D-анимация                             | +  | +   | +  | –   |
| Стандартные теоретические распределения | 29   | 13  | >30  | >20   |
| Язык интерфейса                         | Русский, английский  | Английский  | Английский   | Английский                                      |
| Наличие демоверсии                      | +  | +   | +  | +   |
| Анализ чувствительности                 | +  | +   | +  | +   |
| Оптимизация                             | +  | +   | +  | +   |
| Метод Монте-Карло                       | +  | +   | +  | +   |
| Сценарный анализ                        | +  | +   | +  | –   |

Как следует из таблицы, каждый из рассмотренных пакетов обладает достаточной функциональностью и высокой эффективностью в построении и исследовании сложных систем с помощью имитационного моделирования.

Из всех вышеуказанных инструментов имитационного моделирования был выбран пакет Anylogic из-за наличия в пакете агентского подхода, хорошей документации и возможности написания кода на языке Java [21].

## 2. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕАНСОВ СВЯЗИ

### 2.1. Критерии к проектированию и анализ исходных данных

В данной работе необходимо создать инструмент, способный составить расписание для системы КА и ЗС с динамическими параметрами.

Моделируется работа конкретного предприятия, с известными параметрами, эти данные были переданы для работы из АО ИСС в виде таблиц Excel.

Таблица 2.1 – Фрагмент входных данных из АО ИСС

| <b>nka</b> | <b>kip</b> | <b>stvol</b> | <b>Vitok n</b> | <b>tn</b>                 | <b>Vitok k</b> | <b>tk</b>                 | <b>description</b>   |
|------------|------------|--------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------------|
| 702        | 15         | 25           | 3957           | E'2020-01-01<br>01:10:08' | 3957           | E'2020-01-01<br>02:48:14' | E'Zona 503<br>NC=9'  |
| 735        | 20         | 35           | 6391           | E'2020-01-01<br>00:11:03' | 6391           | E'2020-01-01<br>03:33:00' | E'Zona 503<br>NC=24' |
| 723        | 15         | 25           | 9354           | E'2020-01-01<br>01:54:40' | 9354           | E'2020-01-01<br>05:01:20' | E'Zona 503<br>NC=12' |
| 751        | 15         | 25           | 3035           | E'2020-01-01<br>01:28:31' | 3035           | E'2020-01-01<br>05:03:34' | E'Zona 503<br>NC=17' |
| 754        | 15         | 25           | 4495           | E'2020-01-01<br>03:02:45' | 4495           | E'2020-01-01<br>05:50:22' | E'Zona 503<br>NC=18' |
| 753        | 15         | 25           | 4982           | E'2020-01-01<br>02:23:34' | 4983           | E'2020-01-01<br>05:57:51' | E'Zona 503<br>NC=11' |

Таблица 2.2 – Фрагмент входных данных из АО ИСС

| <b>nka</b> | <b>Vitok n</b> | <b>t</b> |
|------------|----------------|----------|
| 702        | 3957           | 2:00:00  |
| 735        | 6391           | 3:00:00  |
| 723        | 9354           | 4:10:00  |
| 751        | 3035           | 2:30:00  |
| 754        | 4495           | 3:40:00  |
| 753        | 4982           | 4:45:00  |

Входная информация для моделирования:

- nka - условный номер КА, все КА имеют свой уникальный номер;
- kip - условный номер расположения Земной станции (ЗС), имеет свой уникальный номер. Географическое название местности расположения;
- stvol - номер технического средства (передатчик/приемник сигнала) ЗС;

- vitokn - текущий номер витка орбиты в момент появления КА в зоне радиовидимости;
- tn - время начала зоны радиовидимости КА техническим средством ЗС;
- vitokk - текущий номер витка орбиты в момент выхода КА из зоны радиовидимости;
- tk - время конца зоны радиовидимости КА техническим средством ЗС;
- t – время, требуемое для проведения сеанса связи;
- description – дополнительный комментарий для зоны радиовидимости. Данное поле не используется в работе

При создании оптимального СС необходимо учесть несколько критериев:

Критерий 1 оптимальности: минимальное (вплоть до отсутствия) количество переключений между ЗС во время обслуживания текущего КА.

Переключение необходимо при высокой загрузке всех ЗС, когда какому-либо КА не хватает времени на обслуживание.

Критерий 2 оптимальности: максимальная загрузка ЗС (время простоев стремится к минимуму), если возможно, необходимо освобождать ЗС, распределяя её СС между другими, для отключения на сутки.

Критерий 3 оптимальности: КА должен начать обслуживаться, как только появился в ЗРВ свободной ЗС, способной его обслужить.

Критерий 4: КА должны обслуживаться по приоритету. Очередь задаётся оператором [9] [10] [8].

## **2.2. Проектирование логической модели (алгоритма)**

Алгоритм распределения сеансов связи должен учитывать все ограничения и требования в исходных данных, а также весь процесс от получения данных о КА, до создания графика сеансов связи. Алгоритм распределения сеансов связи ЗС с орбитальной группировкой представлен на рисунке 2.1.



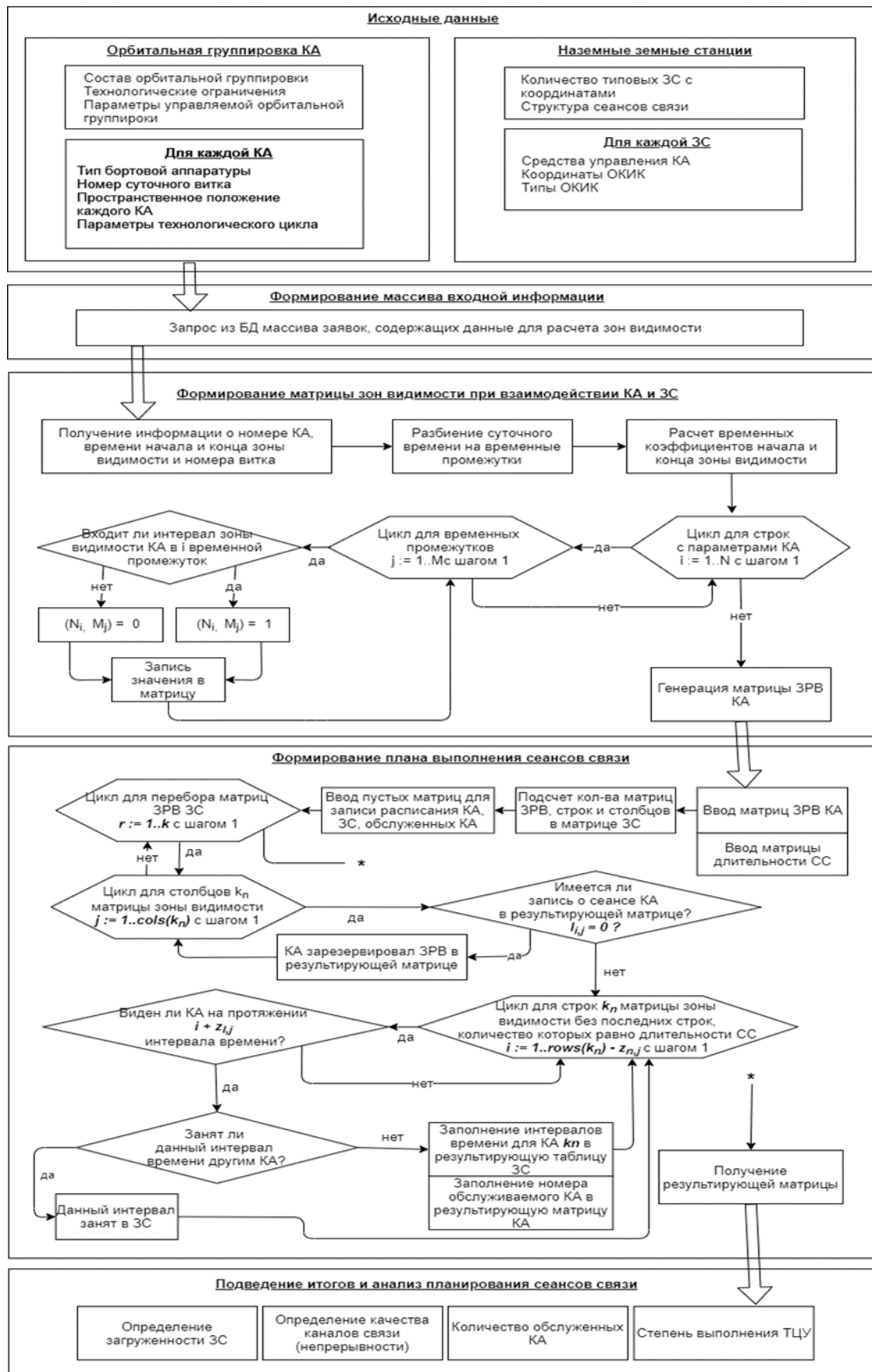


Рисунок 2.1 – Алгоритм распределения сеансов связи ЗС с орбитальной группировкой

Алгоритм планирования сеансов связи ЗС с орбитальной группировкой состоит из 5 блоков:

Блок 1. Ввод исходных данных о составе, параметрах и структуре орбитальной группировки космических аппаратов, а также количестве типовых ЗС с географическими координатами.

Для каждой земной станции определяются следующие параметры:

- тип бортовой аппаратуры;
- номер суточного витка;
- пространственно-временное положение каждого витка;
- параметры технологического цикла.

Для каждой земной станции определяются следующие характеристики:

- средства управления КА;
- координаты отдельных командно-измерительных комплексов;
- типы отдельных командно-измерительных комплексов.

Блок 2. Формирование из базы данных совокупности заявок для расчета зон радиовидимости. Заявка включает в себя следующий набор параметров:

- номер КА;
- номер витка;
- тип бортовой аппаратуры;
- дата и время начала радиовидимости;
- дата и время окончания радиовидимости;
- пространственное положение каждого КА.

Блок 3. Формирование матрицы зон радиовидимости при взаимодействии КА и ЗС. Для получения матрицы необходимо получить данные с заявок из базы данных и обратить особое внимание на номер КА, время начала радиовидимости и окончания радиовидимости. В дальнейшем необходимо разбить суточное время на промежутки времени для того, чтобы определить вхождения в промежуток времени интервалов радиовидимости. Для примера

будут продемонстрированы промежутки времени с интервалом 2 часа (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Соотношение времени и коэффициентов временного промежутка

| <b>Время (в часах)</b> | <b>Коэффициент временного промежутка</b> |
|------------------------|--|
| 0                      | 0  |
| 2                      | 0,083333                                 |
| 4                      | 0,166667                                 |
| 6                      | 0,25                                     |
| 8                      | 0,333333                                 |
| 10                     | 0,416667                                 |
| 12                     | 0,5                                      |
| 14                     | 0,583333                                 |
| 16                     | 0,666667                                 |
| 18                     | 0,75                                     |
| 20                     | 0,833333                                 |
| 22                     | 0,916667                                 |
| 24                     | 1  |

После разбиения на промежутки времени реального времени необходимо произвести расчет временных коэффициентов начала и конца радиовидимости, которые будут зонами радиовидимости. Для расчета временного коэффициента необходимо время начала или окончания радиовидимости разделить на 24.

После определения зон радиовидимости космических аппаратов необходимо составить матрицу зон видимости. Для этого производится перебор всех строк массива (космических аппаратов), в каждой из которых необходимо проверить вхождения зоны радиовидимости в каждый промежуток времени. Если начало зоны радиовидимости меньше или равно предыдущему временному коэффициенту и конец радиовидимости больше или равен текущему временному коэффициенту, то в текущее поле ставится значение 1, которое говорит о занятости зоны видимости данным промежутком времени, в противном случае – 0. Цикл для временных промежутков продолжается до последнего временного промежутка, соответствующему 24 часам. После

перебора временных промежутков выбирается следующая строка. Если следующая строка будет иметь тот же номер КА, то произойдет конкатенация зон видимости. После перебора последней строки будет сформирована матрица зон радиовидимости.

Блок 4. Формирование плана выполнения сеансов связи.

Полученные матрицы зон радиовидимости вносятся в исходные данные программы. Далее, происходит перебор длительности сеансов связи. После выбора длительности сеансов связи необходимо произвести перебор по столбцам матрицы, являющимися космическими аппаратами. В дальнейшем происходит перебор по строкам зон видимости без учета количества последних строк, равным длительности сеансов связи. Если имеется свободное время у ЗС для обслуживания КА (перебор по 1 в строке матрицы), то данные перезаписываются в результирующую матрицу, куда нужно скопировать значения «1» в используемых зонах радиовидимости. Если нет свободного времени в данных строках, то ищется свободное время в последних матрицах, не использовавших в предыдущих. Если вначале сеанса связи имеется значение «0», то дальнейшая проверка на «1» не имеет смысла. В случае нахождения результат записывается в результирующую таблицу. Если в результирующей таблице данный временной промежуток занят прошлым КА (более приоритетным), то происходит поиск свободных ячеек в другой земной станции. После перебора всех КА и ЗС составляется результирующая матрица обслуживания.

Блок 5 в данном блоке методики осуществляется расчет показателей эффективности функционирования земных станций путем анализа рассчитанного плана задействования средств ЗС. Если осуществляется загрузка земных станций и непрерывность сеансов связи, то модель работоспособная. Также во 2 результирующей таблице сформирован перечень обслуживавшихся космических аппаратов [10], [22].

### 2.3. Программная реализация алгоритма

Для программной реализации спроектированного ранее алгоритма будет использоваться пакет MathCAD. Исходными данными к программе будут полученные в блоке №3 матрицы зон радиовидимости ЗС.

Сформируем аналитическое представление работы алгоритма:

*Шаг 0.* Ввод исходных данных в систему

- a) Подсчёт кол-ва матриц ЗРВ для ЗС, т. е. кол-ва ЗС.

$$r := 1..rows(k)$$

- b) Подсчёт строк и столбцов в матрице ЗС, строки = временные отрезки, столбцы – КА.

$$i := 1..rows(k_1) \quad j := 1..cols(k_1)$$

- c) Ввод пустых матриц, для записи расписания КА, ЗС и обслуженных КА.

$$1_{i,j} := 0 \quad X_{i,r} := 0 \quad s_{i,j} := 0$$

Программная реализация алгоритма представлена на рис.2.2.

```

i := 1..rows(k_1)    j := 1..cols(k_1)    r := 1..rows(k)
1_{i,j} := 0        X_{i,r} := 0          K_{i,j} := 0          s_{i,j} := 0
d(1,s) := | S ← 0
           | for r ∈ 1..rows(k)
           |   for j ∈ 1..cols(k_1)
           |     for i ∈ 1..rows(k_1) - z_{1,j}    if ∑_{i=1}^{rows(k_1)} 1_{i,j} = 0
           |       if ∏_{n=i}^{i+z_{1,j}} (k_r)_{n,j} = 1 ∧ X_{i,r} = 0
           |         for n ∈ i..i + z_{1,j}
           |           | 1_{n,j} ← r
           |           | X_{n,r} ← j
           |           | s_{1,j} ← 1
           |           | S ← 1 + S
           |           | break
           |         return (1 s X S)

```

Рисунок 2.2 – Программная реализация алгоритма распределения сеансов связи

*Шаг 1.* Присвоение  $S$  – кол-ву обслуженных аппаратов – ноль.

$$d(1, s) := |S \leftarrow 0$$

*Шаг 2.* Цикл перебирает матрицы ЗРВ каждой ЗС.

$$\text{for } r \in 1..rows(k)$$

*Шаг 3.* Внутри цикл перебирает все КА (столбцы) данной матрицы ЗС

$$\text{for } j \in 1..cols(k_1)$$

*Шаг 4.1.* Если на протяжении всего временного отрезка (всех строк), результирующая матрица  $l$  пуста, то начитается цикл по строкам.

$$\text{for } i \in 1..rows(k_1) - z_{1,j} \quad \text{if } \sum_{i=1}^{rows(k_1)} 1_{i,j} = 0$$

*Шаг 4.2.* Если в результирующей матрице уже есть значения, значит, данный КА уже зарезервировал ЗРВ. Возвращение к *Шагу 3*.

*Шаг 5.* Цикл по строкам идёт до значения  $n-z$ , где  $n$  – кол-во временных промежутков всего, а  $z$  – кол-во требуемых промежутков для обслуживания.

$$\text{for } i \in 1..rows(k_1) - z_{1,j}$$

*Шаг 6.1.* Проверяется условие, если произведение всех  $i+z$  строк равно единице, значит, все строки в этом промежутке равны единице, а значит, на протяжении всего временного отрезка данный КА видим ЗС.

$$\text{if } \prod_{n=i}^{i+z_{1,j}} (k_r)_{n,j} = 1$$

*Шаг 6.2.* Если произведение всех  $i+z$  строк равно 0, значит, не на всём протяжении временного отрезка ЗС видит КА, поэтому возвращение к *Шагу 5*.

*Шаг 7.1.* Ещё одно условие - наличие места в результирующей матрице ЗС ( $X=0$ ), т.е. если там уже записан какой-то КА, то новый не сможет подключиться (ЗС занята,  $X \neq 0$ ). Возвращение к *Шагу 5*.

*Шаг 7.2.* Если при  $X=0$  на протяжении всего выбранного временного промежутка – станция свободна, можно входить в цикл.

$$\wedge X_{i,r} = 0$$

*Шаг 8.* Цикл длиной в требуемый для обслуживания КА промежуток записывает в матрицу для КА – номер ЗС, которая будет его обслуживать, а в

матрицу работы ЗС записывается КА, который будет обслуживаться на данном промежутке времени.

```
for n ∈ i..i + z1,j
  | ln,j ← r
  | Xn,r ← j
```

*Шаг 10.* Так же при выполнении *Шага 6.1* и *Шага 7.2*, в вектор для контроля обслужившихся КА записывается 1, чтобы видеть какие КА уже обслужились.

$$s_{1,j} \leftarrow 1$$

*Шаг 11.* К количеству обслужившихся КА прибавляется 1, для подсчёта успешных СС. И цикл прерывается, т.к. СС успешно найден.

$$s \leftarrow 1 + s$$

*Шаг 12.* Вывод матриц расписания для КА, вектора обслужившихся КА, расписания для ЗС и количества успешных СС.

```
return (l s X S)
```

Ввод данных осуществляется экспортом из БД двух массивов. Массив из четырёх матриц, размерностью 96x24 и массив из вектора, длиной 24.

В первом массиве каждая матрица указывает на ЗРВ для каждой ЗС, столбцы – номера КА, а строки – значения временных интервалов. Интервалы получены разбиением суток на 15 минутные отрезки времени (всего 96 шт.). Если значение ячейки в матрице равно «0», то КА (столбец) не входит в ЗРВ ЗС (номер матрицы) на данном интервале времени (строка), если значение равно «1» - то КА находится в ЗРВ данной ЗС и можно планировать СС.

|          |   |   |
|----------|---|---|
| $k_1 :=$ | 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0     | 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1 |
|          | 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0     | 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1     |
|          | 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0       | 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1     |
|          | 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0       | 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1     |
|          | 0 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0       | 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1     |
|          | 0 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0       | 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1     |
|          | 0 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0       | 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1     |
|          | 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0     | 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1     |
|          | 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0     | 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1     |
|          | 0 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1     | 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0     |
|          | 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1     | 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0     |
|          | 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1     | 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0     |
|          | 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1     | 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0   |
|          | 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1     | 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1     | 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1     | 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1     | 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 0 | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0         | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0         | 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0         | 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0         | 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1 |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0         | 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1   |
|          | 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0         | 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1   |

Во втором массиве расположен вектор – строка, в котором указана длительность, в пятнадцатиминутных интервалах, необходимого времени СС для проведения обслуживания КА, где номер КА, это номер столбца вектора.

$z := (12\ 15\ 13\ 14\ 13\ 14\ 17\ 9\ 12\ 14\ 12\ 15\ 13\ 13\ 15\ 16\ 11\ 12\ 13\ 10\ 14\ 12\ 11\ 8)$

## 2.4. Результаты работы алгоритма

В результате работы алгоритма выводится матрица расписания для КА – 1, вектор обслужившихся КА –  $s$ , матрица расписания для ЗС –  $X$  и число  $S$  – количество обслужившихся КА.

`return (1 s X S)`

`d(1,s) = ({96,24} {1,24} {96,4} 24)`



Матрица расписания КА (I) имеет размерность 96x24, т.к. в каждом часе 4 интервала по 15 минут, в сутках 24 часа, соответственно интервалов разбиения в сутках  $24 \times 4 = 96$  шт., количество КА 24 шт. Если успешно зарезервирован СС для КА, то в зарезервированных им интервалах ставится номер ЗС, которая обслуживает данный КА. В интервалах времени, когда КА не обслуживается – стоит «0», если КА вообще не обслужен, то весь столбец равен «0».

|    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 2  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 3  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 4  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 5  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 6  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 7  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 8  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 9  | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 13 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 14 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 15 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 16 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 17 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 18 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 19 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |
| 20 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  |

Вектор обслужившихся КА (s) - имеет размерность 1x24, т.к. содержит информацию об обслуживании КА. Если СС КА успешно зарезервирован, то ячейка принимает значение «1», если КА не обслужен за сутки, то значение равно «0».

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |

Можно видеть, что все КА обслужились успешно.

Матрица расписания ЗС (X) имеет размерность 96x4, т.к. интервалов разбиения в сутках  $24 \times 4 = 96$  шт., количество ЗС 4 шт.. Ячейки принимают значения номеров тех КА, которые обслуживаются данной ЗС (номер ЗС соответствует столбцу), если ЗС свободна в каком-то интервале времени, то ячейка в строке этого интервала принимает значение «0».

|    | 1 | 2  | 3  | 4  |
|----|---|----|----|----|
| 1  | 2 | 12 | 24 | 0  |
| 2  | 2 | 12 | 24 | 0  |
| 3  | 2 | 12 | 24 | 0  |
| 4  | 2 | 12 | 24 | 0  |
| 5  | 2 | 12 | 24 | 0  |
| 6  | 2 | 12 | 24 | 0  |
| 7  | 2 | 12 | 24 | 0  |
| 8  | 2 | 12 | 24 | 0  |
| 9  | 2 | 12 | 24 | 0  |
| 10 | 2 | 12 | 22 | 0  |
| 11 | 2 | 12 | 22 | 0  |
| 12 | 2 | 12 | 22 | 0  |
| 13 | 2 | 12 | 22 | 0  |
| 14 | 2 | 12 | 22 | 0  |
| 15 | 2 | 12 | 22 | 0  |
| 16 | 2 | 12 | 22 | 0  |
| 17 | 3 | 11 | 22 | 0  |
| 18 | 3 | 11 | 22 | 0  |
| 19 | 3 | 11 | 22 | 0  |
| 20 | 3 | 11 | 22 | 0  |
| 21 | 3 | 9  | 22 | 0  |
| 22 | 3 | 5  | 22 | 19 |
| 23 | 3 | 5  | 16 | 19 |
| 24 | 3 | 5  | 16 | 19 |
| 25 | 3 | 5  | 16 | 19 |
| 26 | 3 | 5  | 16 | 19 |
| 27 | 3 | 5  | 16 | 19 |
| 28 | 3 | 5  | 16 | 19 |

Число  $S$  – количество обслужившихся КА. Сумма КА, включённых в расписание, для того, чтобы все КА обслужились – должно быть равно их количеству (24 шт.).

$$d(1, s)_{1,4} = 24$$

Все КА успешно включены в расписание.

### 3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕАНСОВ СВЯЗИ

#### 3.1. Описание логики модели

Исходя из разработанного в предыдущем разделе алгоритма, необходимо показать его работоспособность. Для этого надо разработать имитационную модель, с помощью которой можно будет проверить занятость космическими аппаратами земных станций. Блок-схема алгоритма работы модели представлена на рисунке 3.1.

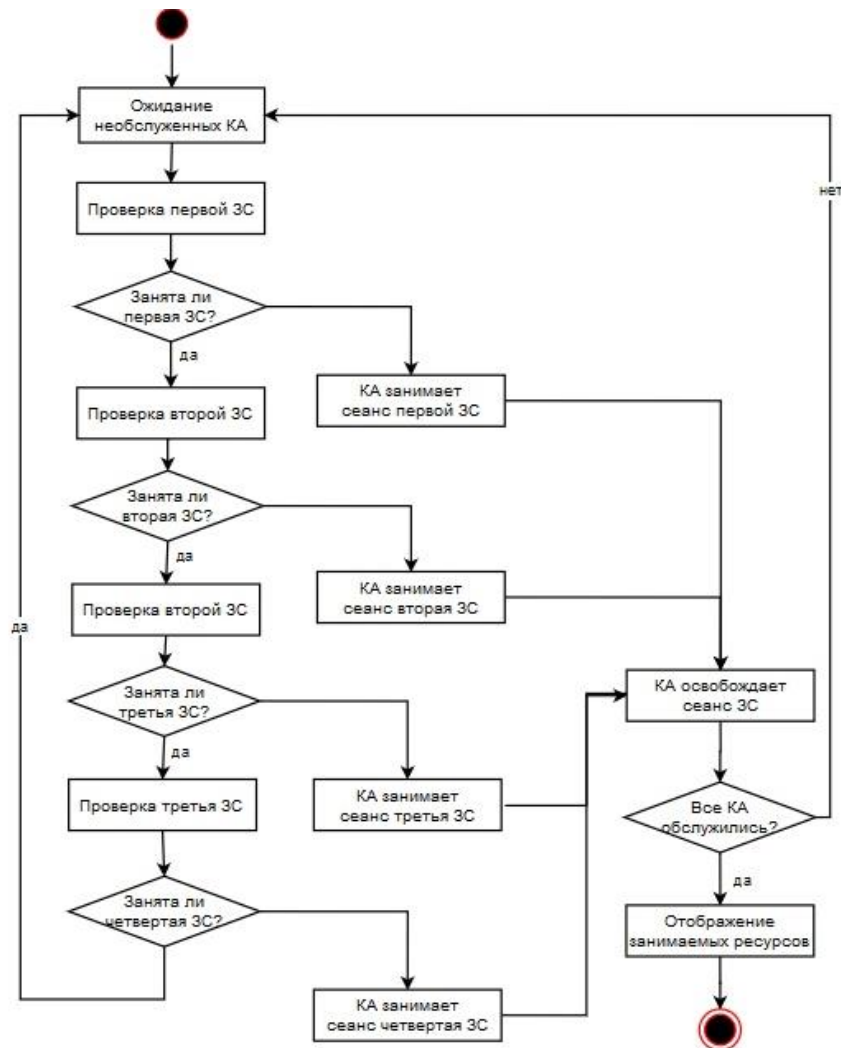


Рисунок 3.1 – Блок-схема работы модели.

Сначала генерируются заявки в виде космических аппаратов для их дальнейшего обслуживания, которые будут помещаться в очередь. После помещения заявок в очередь будет производиться проверка работоспособности земных станций по порядку. Если текущая земная станция уже занята другим

космическим аппаратом, то проверяется следующая земная станция. В случае если все земные станции заняты, КА помещается обратно в очередь. В случае, если земная станция не занята или освобождена.

Занимаемым КА, то следующий в очереди КА занимает сеанс связи с ним и освобождает по завершению зоны видимости [23].

### 3.2. Описание блоков и параметров модели

На основании представленного алгоритма обслуживания КА ЗС необходимо выбрать, а каком виде будет реализована модель: в двухмерном виде или с использованием трехмерной графики. Ввиду отсутствия необходимости представления наглядности, как космических аппаратов, так и земных станций, а также необходимости учета количественных данных при обработке КА было принято решение о реализации модели в двухмерном виде. Имитационная модель обслуживания КА ЗС представлена на рисунке 3.2.

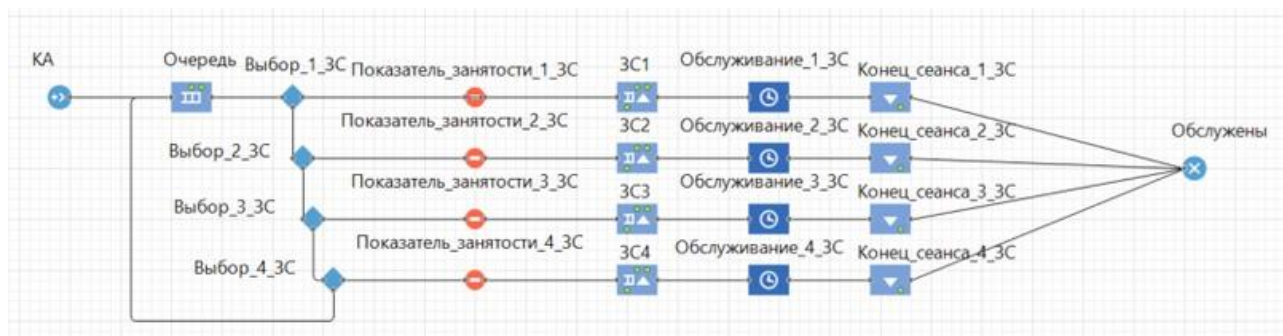


Рисунок. 3.2. Имитационная модель обслуживания КА ЗС

Описание блоков имитационной модели представлено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Описание блоков имитационной модели

| Название блока                                | Тип блока    | Описание   |
|---|--------------|--|
| КА  | Source       | Равномерный поток с часовой интенсивностью генерации КА для обслуживания   |
| Очередь                                       | Queue        | Очередь неограниченного размера для КА, пока не включённых в расписание    |
| Выбор_1_ЗС<br>...<br>Выбор_4_ЗС               | SelectOutput | Проверка на занятость 1...4 ЗС   |
| Блокировка_1_ЗС<br>...<br>Блокировка_4_ЗС     | Hold         | Блокировка 1...4 ЗС на приём других КА до момента обслуживания предыдущего |
| ЗС1 ... ЗС4                                   | Seize        | Резервирование для КА 1 ...4 ЗС  |
| Обслуживание_1_ЗС<br>...<br>Обслуживание_4_ЗС | Delay        | Задержка 1...4 ЗС во время проведения СС                                   |
| Конец_сеанса_1_ЗС<br>...<br>Конец_сеанса_4_ЗС | Release      | Освобождение 1...4 ЗС после окончания СС                                   |
| Обслуживание                                  | Sink         | Уничтожение КА, включённых в расписание                                    |

Также немаловажными являются дополнительные параметры агентов, используемые для определения поведения обслуживания КА. Приведём их в отдельной таблице (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Параметры агентов

| Название блока | Тип блока    | Описание                          |
|----------------|--------------|-----------------------------------|
| Земстанция [n] | ResourcePool | Хранение ЗС, для использования КА |
| Расписание_КА  | Schedule     | Хранение расписания ЗРВ КА для ЗС |
| НомерКА        | Parameter    | Содержание наборов номеров КА     |
| Занятость      | Parameter    | Отражение состояния ЗС            |

### 3.3. Анализ результатов

Для проверки работы модели, исходя из предложенного алгоритма, на вход поступают 24 космических аппарата. После попадания в очередь КА распределяются по ЗС согласно алгоритму обслуживания, приведенному в предыдущем пункте раздела. Полученные результаты моделирования представлены на рис. 3.3.

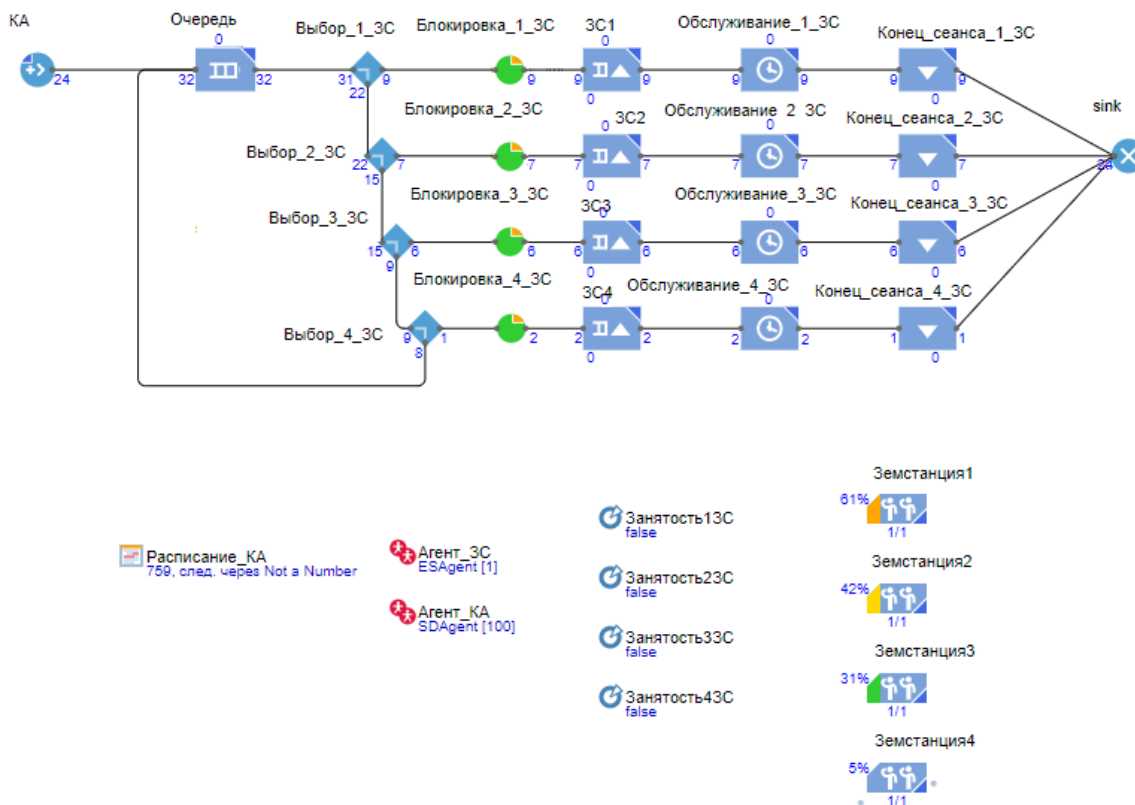


Рисунок 3.3 – Результаты моделирования

Как можно заметить, КА распределились по земным станциям, и все КА смогли зарезервировать СС, что показывает высокую эффективность его работы (24 заявки в блоке КА были переданы в блок «Обслужены») (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Обслуженные КА

| № ЗС | Кол-во обслуженных КА |
|------|-----------------------|
| 1    | 9                     |
| 2    | 7                     |
| 3    | 6                     |
| 4    | 1                     |

В алгоритме так же были обслужены все КА ( $S=24$ ), с таким же распределением по ЗС.

Через очередь прошли 32 заявки, судя по полученным результатам. Это связано с тем, что 8 раз КА не могли обслужиться из-за занятости всех ЗС, поэтому были помещены обратно в очередь. Алгоритм позволил обслужить все КА только определенной ЗС без переключения между ними, что говорит о соответствии необходимым критериям. В параметре расписания «Расписание\_КА» можно заметить, что последним обслужившимся КА был номер 759 [6], [7], [23].

#### **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Выполнение грамотной научно-исследовательской работы требует наличия экономической оценки всех её элементов: как объекта исследования, так и методов, которые для этого используются. Таким образом, целью данного раздела является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов написания программы перераспределения сеансов связи (СС) между земными станциями (ЗС) и космическими аппаратами (КА). Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести SWOT-анализ;
- определить эффективность исследования
- провести планирование научно-исследовательской работы;
- произвести расчёт бюджета научно-исследовательской работы;
- составить оценку научно-технического эффекта.

##### **4.1. Организация и планирование работы**

При организации процесса реализации данного исследования необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Так как число исполнителей редко превышает двух в большинстве случаев, то для наглядного результата чаще пользуются линейным графиком. Для построения такого графика приведем в таблице – 4.1 перечень работ и занятость исполнителей.



Таблица 4.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

| № Этапа | Этапы работы  | Исполнители                   | Загрузка исполнителей |
|---------|---|-------------------------------|-----------------------|
| 1       | Постановка целей и задач, получение исходных данных | Научный руководитель          | НР – 100%             |
| 2       | Составление и утверждение ТЗ                        | Научный руководитель, студент | НР – 100%<br>С – 10%  |
| 3       | Подбор и изучение материалов по тематике            | Научный руководитель, студент | НР – 50%<br>С – 100%  |
| 4       | Разработка календарного плана                       | Научный руководитель, студент | НР – 100%<br>С – 10%  |
| 5       | Обсуждение литературы                               | Научный руководитель, студент | НР – 30%<br>С – 100%  |
| 6       | Написание программы                                 | Студент                       | С – 100%              |
| 7       | Тестирование программы                              | Студент                       | С – 100%              |
| 8       | Оформление расчетно-пояснительной записки           | Студент                       | С – 100%              |
| 9       | Оформление графического материала                   | Студент                       | С – 100%              |
| 10      | Анализ полученных результатов                       | Научный руководитель, студент | НР – 60%<br>С – 100%  |

#### 4.1.1. Продолжительность этапов работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож}$  используется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

где  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.- дн.;

$t_{min}$  – минимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 8 работ, требуется группа специалистов из следующего состава:

- Студент (С), соискатель степени бакалавра;
- Научный руководитель (НР).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{рд}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Так, для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{рд}$  ведется по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (4.1)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{вн}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно  $K_{вн} = 1$ ;

$K_{д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_{д} = 1-1,2$ ; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель). Возьмем значение  $K_{д} = 1$ .

Продолжительность этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе представлена в таблице – 4.2.

Таблица 4.2 – Временные показатели проведения научного исследования

| № Этапа | Исполнители                   | Продолжительность работ, дни |           |             | Трудоемкость работ, дни |              |                 |              |
|---------|-------------------------------|------------------------------|-----------|-------------|-------------------------|--------------|-----------------|--------------|
|         |                               |                              |           |             | Т <sub>рд</sub>         |              | Т <sub>кд</sub> |              |
|         |                               | $t_{min}$                    | $t_{max}$ | $t_{ож}$    | НР                      | С            | НР              | С            |
| 1       | Научный руководитель          | 1                            | 2         | 1.6         | 1.6                     | -            | 1.92            | -            |
| 2       | Научный руководитель, студент | 5                            | 10        | 7           | 7                       | 0.7          | 8.4             | 0.84         |
| 3       | Научный руководитель, студент | 10                           | 15        | 12          | 6                       | 12           | 7.2             | 14.4         |
| 4       | Научный руководитель, студент | 5                            | 10        | 7           | 7                       | 0.7          | 8.4             | 0.84         |
| 5       | Научный руководитель, студент | 1                            | 2         | 1.6         | 1.6                     | 0.48         | 1.92            | 0.58         |
| 6       | Студент                       | 15                           | 20        | 17          | -                       | 17           | -               | 20.4         |
| 7       | Студент                       | 3                            | 5         | 3.8         | -                       | 3.8          | -               | 4.56         |
| 8       | Студент                       | 10                           | 20        | 14          | -                       | 14           | -               | 16.8         |
| 9       | Студент                       | 1                            | 2         | 1.6         | -                       | 1.6          | -               | 1.92         |
| 10      | Научный руководитель, студент | 5                            | 10        | 7           | 4.2                     | 7            | 5.04            | 8.4          |
| Итого:  |                               |                              |           | <b>72.6</b> | <b>27.4</b>             | <b>57.28</b> | <b>32.88</b>    | <b>68.74</b> |

#### 4.1.2. Разработка графика проведения научного исследования

Выполнение ВКР является небольшим по объему исследованием, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Так, построим ленточный график. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к}, \quad (4.2)$$

где  $T_{\text{КД}}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, который определяется по следующей формуле:

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}}, \quad (4.3)$$

где  $T_{\text{КАЛ}}$  – календарные дни ( $T_{\text{КАЛ}} = 365$ );

$T_{\text{ВД}}$  – выходные дни ( $T_{\text{ВД}} = 52$  для при шестидневной рабочей недели);

$T_{\text{ПД}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{ПД}} = 10$ ).











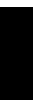

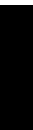


$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,20.$$

Таким образом, коэффициент календарности  $T_{\text{К}}$  равен 1,20.

Величины трудоемкости этапов по исполнителям  $T_{\text{КД}}$  (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта.

Пример построения линейного графика приведен в таблице – 4.3.

Таблица 4.3 – Линейный график работ

| Этап | Вид работ   | НР   | С    | Продолжительность выполнения работ   |  |  |  |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------|---|------|------|--|--|--|--|----|----|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
|      |   |      |      | март   |  |  | апрель   |    |    | май   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|      |   |      |      | 10   | 20   | 30   | 10   | 20 | 30 | 10  | 20  | 30  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1    | Постановка целей и задач, получение исходных данных | 1.92 | -    |   |  |  |  |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2    | Составление и утверждение ТЗ                        | 8.4  | 0.84 | <br> |  |  |  |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3    | Подбор и изучение материалов по тематике            | 7.2  | 14.4 |  | <br> |  |  |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4    | Разработка календарного плана                       | 8.4  | 0.84 |  |  | <br> |  |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5    | Обсуждение литературы                               | 1.92 | 0.58 |  |  |  | <br> |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6    | Написание программы                                 | -    | 20.4 |  |  |  |   |    |    |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7    | Тестирование программы                              | -    | 4.56 |  |  |  |  |    |    |  |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8    | Оформление расчетно-пояснительной записки           | -    | 16.8 |  |  |  |  |    |    |   |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9    | Оформление графического материала                   | -    | 1.92 |  |  |  |  |    |    |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10   | Анализ полученных результатов                       | 5.04 | 8.4  |  |  |  |  |    |    |   |   |   |  |  |  | <br> |  |  |  |  |



– Научный руководитель;



– Студент.

## 4.2. SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой сводную таблицу, иллюстрирующую связь между внутренними и внешними факторами компании. Целью SWOT-анализа является предоставление возможности оценки риска и конкурентоспособности компании или товара в данной отрасли производства [24].

Методика SWOT-анализа необходима, для того, чтобы определить наиболее устойчивое положение компании, продукции или услуги в данной отрасли.

Приведем матрицу SWOT-анализа для программы составления расписаний СС между КА и ЗС.

Таблица 4.4 – Матрица SWOT - анализа

|  | <b>Сильные стороны</b>   | <b>Слабые стороны</b>   |
|--|--|---|
|  | <p>С1. Высокая степень автоматизированности составления расписания.</p> <p>С2. Расписание свободно перестраивается и настраивается.</p> <p>С3. Дальнейшая поддержка специалиста в математической области не требуется.</p> | <p>Сл1. Необходимость ввода данных каждые сутки.</p> <p>Сл2. Для верного расчёта необходим корректный ввод данных.</p>                                    |
| <p><b>Возможности</b></p> <p><b>В1.</b> Автоматизация работы КА.</p> | <p><b>В1С1С2С3</b></p> <p>Полностью автоматизированное составление графика работы способного подстраиваться под изменяющиеся условия работы без необходимости тех поддержки.</p>   | <p><b>В1Сл2</b></p> <p>Возможна некорректная отработка программы из-за человеческого фактора, вследствие чего возникновение конфликтов сеансов связи.</p> |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p><b>В2.</b> Повышение надёжности обслуживания КА.</p> <p><b>В3.</b> Более выгодное распределение временных ресурсов ЗС.</p> | <p><b>В2С1С2</b></p> <p>Обеспечение автоматического обслуживания КА даже при внештатных ситуациях.</p> <p><b>В3С2</b></p> <p>ЗС всегда загружены на необходимое кол-во часов работы.</p> | <p><b>В2Сл1</b></p> <p>Проверка работоспособности всей системы и её постоянный, ручной контроль.</p> <p><b>В3Сл1</b></p> <p>Возможность корректировки желаемой загрузки ЗС – ежедневно.</p> |
| <p><b>Угрозы</b></p> <p><b>У1.</b> Наличие конкурентов.</p> <p><b>У2.</b> Изменение видов связи между КА и ЗС.</p>            | <p><b>У1С1С2С3</b></p> <p>Выгодное положение в глазах инвестора.</p> <p><b>У2С1С2</b></p> <p>Приспособление к другим видам связи.</p>  | <p><b>У1Сл1</b></p> <p>Невыгодное положение на рынке.</p> <p><b>У2Сл2</b></p> <p>Изменение типа вводимых данных, потребует изменения всего алгоритма.</p>                                   |

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективными в сложившейся ситуации представляются следующие стратегии:

- Необходимо вводить проверку ввода данных пользователем;
- По возможности автоматизировать загрузку данных на весь необходимый период с возможностью проверки.

#### **4.3. Анализ конкурентных решений**

Основной целью программы является нахождение оптимального расписания СС. Такая цель может достигаться путем грамотно выстроенной логистики. Чем больше КА успеют обслужиться, тем выше доходность предприятия. Грамотно выстроенное расписание позволит ЗС проводить большее количество СС. Анализ конкурентных решений представлен в Таблице 4.5. Для оценочной карты среди критериев, используемых при решении транспортных задач, рассмотрим:

- своевременность обслуживания КА;
- продолжительность СС;
- время загрузки ЗС;
- обслуженные КА;
- кол-во цельных СС;
- прибыль компании;
- критерий оптимальности.

Таблица 4.5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

| Критерии оценки                    | Вес критерия | Баллы                      |  | Конкурентоспособность      |  |
|------------------------------------|--------------|----------------------------|--|----------------------------|--|
|                                    |              | К <sub>1</sub> Ручной ввод | К <sub>2</sub> Использование программы | К <sub>1</sub> Ручной ввод | К <sub>2</sub> Использование программы |
| 1. Своевременность обслуживания КА | 0.35         | 2                          | 4                                      | 0.70                       | 1.40                                   |
| 2. Продолжительность СС            | 0.09         | 3                          | 4                                      | 0.27                       | 0.36                                   |
| 3. Время загрузки ЗС               | 0.09         | 4                          | 5                                      | 0.36                       | 0.45                                   |
| 4. Обслуженные КА                  | 0.15         | 4                          | 4                                      | 0.60                       | 0.60                                   |
| 5 Количество цельных СС            | 0.25         | 4                          | 5                                      | 1.00                       | 1.25                                   |
| 6. Прибыль компании                | 0.04         | 3                          | 4                                      | 0.12                       | 0.16                                   |
| 7. Критерий оптимальности          | 0.03         | 4                          | 5                                      | 0.12                       | 0.15                                   |
| <b>Итого</b>                       | <b>1</b>     | <b>24</b>                  | <b>31</b>                              | <b>3.17</b>                | <b>4.37</b>                            |

Позиция разработки оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Анализ конкурентных решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i$$

где  $K$  – конкурентоспособность решения или конкурента,  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы),  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.



Таким образом, можно сделать вывод, что использование данной программы является наиболее предпочтительным для составления расписания (значение 4,37 является максимальным).

#### 4.4. Потенциальные потребители результатов исследований

В процессе написания выпускной квалификационной работы были определены следующие потенциальные потребители разработанного продукта. К ним можно отнести компании, которым необходимо обслуживание системы КА. В свою очередь, эту группу можно разделить по следующим признакам: наличие необходимого ПО, кол-во ЗС и КА нуждающихся в обслуживании, форма собственности предприятия.

Создана программа, составляющая расписание работ ЗС. Однако, прежде чем предложить потребителю какое-либо расписание, необходимо оценить его возможности и потребности. Для этого проведем классификацию потребителей по группам с учётом их лётного парка в Таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Группы предприятий космической отрасли в зависимости от их парка КА.

| Группы предприятий                             | Потребности   | Необходимость в продукте            |
|--|---|-------------------------------------|
| Группа 1<br>Владельцы одного или нескольких КА | Полное обслуживание своего лётного парка сторонней организацией – владельцем ЗС | Отсутствует, или низкая.            |
| Группа 2<br>Владельцы одной или нескольких ЗС  | Получение максимальной прибыли, благодаря обслуживанию наибольшего кол-ва КА    | Высокая                             |
| Группа 3<br>Владельцы одной ЗС и нескольких КА | Обслуживание своего лётного парка и, возможно, других клиентов, своей ЗС.       | Средняя                             |
| Группа 4<br>Владельцы нескольких ЗС и КА       | Умеренное увеличение ранее нажитого капитала                                    | Очень высокая                       |
| Группа 5<br>«Роскосмос»                        | Полное обеспечение всего лётного парка, обслуживание инвесторов                 | Высокая, но алгоритм не адаптирован |

#### 4.5. Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат [25]:

- Материалы и покупные изделия;
- Заработная плата;
- Социальный налог;
- Расходы на электроэнергию (без освещения);
- Амортизационные отчисления;
- Оплата услуг связи;
- Прочие (накладные расходы) расходы.

##### 4.5.1. Расчет материальных затрат

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом исследования.

Покажем отражение стоимости всех материалов, используемых при работе над проектом, включая расходы на их приобретение и, при необходимости, доставку. Расчет затрат на материалы производится по форме, приведенной в таблице – 4.7.

Таблица 4.7 – Материальные затраты

| Наименование                | Единица измерения | Количество | Цена за ед, руб. | Сумма, руб  |
|-----------------------------|-------------------|------------|------------------|-------------|
| Бумага                      | Пачка             | 1          | 300              | 300         |
| Канцелярские принадлежности | шт.               | 5          | 100              | 500         |
| Картридж для принтера       | шт.               | 1          | 3000             | 3000        |
| Итого:                      |                   |            |                  | <b>3800</b> |

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:

$$C_{\text{мат}} = 3\,800 * 1.05 = 3\,990 \text{ руб.}$$

#### **4.5.2. Расчет заработной платы для исполнителей**

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и студента (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя [26].

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25.083} \quad (4.4)$$

Учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4.5. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы – 4.2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1.1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1.188$ ;  $K_{\text{р}} = 1.3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$ . Вышеуказанное значение  $K_{\text{доп.ЗП}}$  применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае  $K_{\text{и}} = 1,62$ .

Таблица 4.8 – Затраты на заработную плату

| Исполнитель | Оклад, руб./мес. | Среднедневная тарифная ставка руб./раб.день | Затраты времени, раб.дни | Коэффициент | Фонд з/платы, руб. |
|-------------|------------------|---|--------------------------|-------------|--------------------|
| НР          | 33664            | 1342.09                                     | 28                       | 1.699       | <b>63 845.9</b>    |
| С           | 2500             | 99.669                                      | 58                       | 1.62        | <b>9364.9</b>      |
| Итого       |                  |   |                          |             | <b>73210.8</b>     |

#### 4.5.3. Расчет затрат на страховые взносы

Затраты на страховые взносы, включающие в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$ .

Итак, в нашем случае:

$$C_{соц.} = 73210.8 * 0.3 = 21963.24 \text{руб.}$$

#### 4.5.4. Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об} = P_{об} * t_{об} * ЦЭ, \quad (4.5)$$

где  $P_{об}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

ЦЭ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ ЦЭ = 5,748 руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы – 4.2 для студента (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часам.

$$t_{об} = T_{рд} * K_t, \quad (4.6)$$

Где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени. Возьмем его равным 1.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} * K_C, \quad (4.7)$$

где  $P_{ном}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Затраты на электроэнергию технологическую

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{об}$ , час | Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт | Затраты $\Delta_{об}$ , руб. |
|---------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| Персональный компьютер    | 464                                      | 0.3                                  | 800.12                       |
| Струйный принтер          | 2  | 0.1                                  | 1.15                         |
| Итого:                    |  |                                      | <b>801.27</b>                |

#### 4.5.5. Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта [27].

Используется формула:

$$C_{ам} = \frac{N_A * C_{об} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (4.8)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Например, для ПК в 2019 г. (299 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять  $F_D = 299 * 8 = 2392$  часа.

Для принтера из справочника  $F_D = 500$  часов.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Для ПК найдем  $N_A = 0,4$ . Для принтера  $N_A = 0,5$ .

Стоимость ПК= 20 000 рублей. Время использования 304 часа, тогда для него:

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 * 20\ 000 * 464 * 1}{2392} = 1551.84 \text{ руб.}$$

Стоимость принтера 5000 руб. Время использования 2 часа, тогда для него:

$$C_{AM}(ПР) = \frac{0,5 * 5\ 000 * 2 * 1}{500} = 10 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации 1 561.84 руб.

#### 4.5.6. Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч} = (C_{мат} + C_{зд} + C_{соц} + C_{эл.об} + C_{ам}) * 0,1 \quad (4.9)$$

Для нашего примера это:

$$C_{проч} = (3\ 990 + 73210.8 + 21963.24 + 801.12 + 1\ 561.84) * 0,1 = 10152.7 \text{ руб.}$$

#### 4.5.7. Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. Данные результаты можно посмотреть в таблице – 4.10.

Таблица 4.10 – Смета затрат на разработку проекта

| Статья затрат                 | Условное обозначение | Сумма, руб.       |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|
| Материалы и покупные изделия  | $C_{мат}$            | 3 990.00          |
| Основная заработная плата     | $C_{зн}$             | 73 210.80         |
| Отчисления в социальные фонды | $C_{соц}$            | 21 963.24         |
| Расходы на электроэнергию     | $C_{эл.}$            | 801.12            |
| Амортизационные отчисления    | $C_{ам}$             | 1 561.84          |
| Прочие расходы                | $C_{проч}$           | 10 152.70         |
| <b>Итого:</b>                 |                      | <b>111 679.70</b> |

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 111\,679.7$  руб.

#### **4.5.8. Расчет прибыли**

Прибыль примем в размере 10 % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 11 167.97 руб. (10 %) от расходов на разработку проекта.

#### **4.5.9. Расчет НДС**

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли [28]. В нашем случае:

$$\text{НДС} = (111\,679.7 + 11\,167.97) * 0,2 = 24\,569.53 \text{ руб.}$$

#### **4.5.10. Цена разработки НИР**

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС [29], [30]:

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 111\,679.7 + 11\,167.97 + 24\,569.53 = 147\,417.2 \text{ руб.}$$

#### **4.5.11. Оценка научно-технического эффекта**

Социально-научный эффект проявляется в росте числа открытий, изобретений, увеличении суммарного объема научно-технической информации, полученной в результате выполнения выпускной квалификационной работы, создании научного «задела», являющегося необходимой предпосылкой для проведения в будущем прикладных исследований и выполнения работа по модернизации конструкций выпускаемых изделий [31].

За последние годы появились предложения не только по качественной характеристике социального эффекта, но и по системе количественных показателей.

Элементом количественной оценки социально-научного эффекта следует считать определение научно-технического эффекта бакалаврской работы по следующей методике. Сущность этой методики состоит в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент научно-технического эффекта ВКР:

$$H_T = \sum_{i=1}^3 r_i * k_i$$

где  $r_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака (определяющийся по Таблице 4.11);  $k_i$  – количественная оценка  $i$ -го признака [32].

Проведем расчет коэффициента научно-технического эффекта ВКР для портфеля, составленного из акций индекса ММВБ10.

Таблица 4.11 – Определение весового коэффициента

| Признак научно технического эффекта ВКР( $i$ ) | Применение значения весового коэффициента ( $r$ ) |
|--|---|
| Уровень новизны                                | 0.6   |
| Теоретический уровень                          | 0.4   |
| Возможность реализации                         | 0.2   |

Количественная оценка уровня новизны ВКР определяется на основе значений Таблицы 4.12.

Таблица 4.12 – Количественная оценка уровня новизны ВКР

| Уровень новизны разработки | Характеристика уровня новизны  | Баллы |
|----------------------------|--|-------|
| Принципиально новая        | Результаты исследований открывают новое направление в данной области науки и техники                           | 8-10  |
| Новая                      | По-новому или впервые объяснены известные факты, закономерности  | 5-7   |
| Относительно новая         | Результаты исследований систематизируют и обобщают имеющиеся сведения, определяют пути дальнейших исследований | 2-4   |
| Традиционная               | Работа выполнена по традиционной методике, результаты исследования носят информационный характер               | 1     |
| Не обладающая новизной     | Получен результат, который ранее был известен  | 0     |

Для данной выпускной квалификационной работы уровень новизны – относительно новая, баллы – 4.

Теоретический уровень полученных результатов выпускной квалификационной работы определяется на основе значения баллов, приведенных в Таблице 4.13.



Таблица 4.13 – Теоретический уровень полученных результатов в ВКР

| Теоретический уровень полученных результатов   | Баллы |
|--|-------|
| Установления закона, разработка новой теории   | 10    |
| Глубокая разработка проблемы: многоаспектный анализ связей, взаимозависимости между фактами с наличием объяснения  | 8     |
| Разработка способа<br>(алгоритм, программ мероприятий, устройство, и т.д.)   | 6     |
| Элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, симплексного прогноза, классификации, объясняющей версии, или практических рекомендаций частного характера | 2     |
| Описание отдельных элементарных фактов (вещей, свойств, отношений); изложение опыта, наблюдений, результатов измерений   | 0,5   |

В данной выпускной квалификационной работе был разработан алгоритм формирования расписания СС между КА и ЗС на основе их ЗРВ, следовательно, теоретический уровень полученных результатов равен 8 баллам.

Возможность реализации научных результатов определяется на основе значения баллов из Таблицы 4.14.

Таблица 4.14 – Время и масштабы реализации проекта

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| Время реализации               | Баллы |
| В течение первых лет           | 10    |
| От 5 до 10 лет                 | 4     |
| Более 10 лет                   | 2     |
| Масштабы реализации            | Баллы |
| Одно или несколько предприятий | 2     |
| Отрасль (министерство)         | 4     |
| Народное хозяйство             | 10    |

Способ расчёта расписания можно реализовать в течение первых лет (10 баллов), однако реализовать его можно только на одно или несколько предприятий (2 балла).

Рассчитаем коэффициент научно-технического эффекта:

$$Нт = 0,8 * 1 + 0.4 * 6 + 0.2 * 12 = 5.0$$

Приведем таблицу оценок уровня научно-технического эффекта.

Таблица 4.15 – Оценка уровня научно-технического эффекта

| Уровень научно-технического эффекта | Коэффициент научно-технического эффекта |
|-------------------------------------|---|
| Низкий                              | 1-4                                     |
| Средний                             | 5-7                                     |
| Сравнительно высокий                | 8-10                                    |
| Высокий                             | 11-14                                   |

В соответствии с Таблицей 4.15, уровень научно-технического эффекта – средний.

#### **Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

1. Проведено планирование НИР, а именно: определена структура и календарный план работы, трудоемкость, составлена ленточная диаграмма Гантта, и определен бюджет научно-исследовательской работы. В ходе планирования научно-исследовательских работ определён перечень работ, выполняемый рабочей группой. В данном случае рабочая группа состоит из двух человек: руководитель и инженер. Результаты соответствуют требованиям ВКР по срокам и иным параметрам.

2. Бюджет научно-технического исследования составил 147 417 руб. Бюджет НТИ состоит из материальных затрат (3990 рублей), амортизационных отчислений (1561 рубль), затрат на оплаты труда (73 210 рублей), отчислений во внебюджетные фонды (21 963 рубля) и накладных расходов (10 152 рубля).

3. Алгоритмический расчёт расписания по многим показателям является более предпочтительным, чем другие механизмы расчёта, со значением 4.37.

4. В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент» с помощью SWOT-анализа были выведены наиболее эффективные в сложившейся ситуации стратегии. После формирования бюджета затрат на проектирование суммарные капиталовложения составили 147 417.2 рублей. Уровень научно-технического эффекта – средний. Проект экономически целесообразен.

5. Капиталовложения в размере 147 417.2 рублей позволят реализовать разработанный проект по расчёту расписания СС между ЗС и КА.

## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Охрана окружающей среды и труда, а также обеспечение безопасности работников в чрезвычайных ситуациях являются важными составляющими организации рабочего процесса.

В настоящее время электронно-вычислительные машины (ЭВМ) находят все большее применение и на производстве, и для научно-исследовательских целей. Однако компьютеры являются источниками вредного воздействия на организм человека, следовательно, могут стать причиной возникновения профессиональных заболеваний.

В связи с этим необходимо соблюдать требования безопасности при работе с ЭВМ. В ином случае человек может начать испытывать дискомфорт, у него может ухудшиться зрение, могут появиться боли в шее, пояснице. Также может возникнуть нервное истощение.

В рамках данной работы объектом исследования раздела «Социальная ответственность» является алгоритм, реализуемый в виде программного приложения с помощью ЭВМ. Данный алгоритм рассчитывает расписание сеансов связи между космическими аппаратами и земными станциями. Заказчиком является АО «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ» имени академика М. Ф. Решетнёва». Что позволит сэкономить количество часов работы земных станций, тем самым повысив ресурсоэффективность уже существующего предприятия. В связи с чем необходимо знать вредные и опасные факторы при работе с ЭВМ, а также способы их устранения.

### **5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства:

- продолжительность рабочего дня 8 часов (приблизительно с 8.30 до 16.30). Согласно Ст. 108 ТК РФ для офисного работника в течении рабочего

дня должен быть предусмотрен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут.

- также офисный сотрудник имеет право на то, чтобы рабочее место соответствовало требованиям охраны труда. Основными законами, на основе которых осуществляется управление охраной труда, являются Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17 июля 1999 г. № 181-ФЗ.

- помимо этого, для снижения вредного воздействия компьютера на человека требуется соблюдение правильного режима труда и отдыха.

#### **5.1.1. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.**

Рабочее место должно быть организовано в соответствии ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [33] и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [34]. При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, шум, температура, влажность, наличие электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования.

Основные требования СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03:

- При размещении рабочих мест с персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) расстояние между рабочими столами с дисплеями должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями дисплеев – не менее 1,2 м.

- Экран дисплея должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 0,6 – 0,7 м, но не ближе 0,5 м.

- Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики.

- Конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

- Рабочий стул должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

- Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

- Допустимый уровень напряженности электромагнитного поля в 0,5 метрах относительно дисплея и системного – 2,5 [В/м];

- Допустимый уровень плотности магнитного потока в 0,5 метрах относительно дисплея и системного блока в диапазоне частот 5-2 [КГц] составляет 250 [нТл]; поверхностный электростатический потенциал составляет 500 [В].

Правовой основой законодательства в области обеспечения безопасности жизнедеятельности является Конституция.

1. Закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» № 68 – ФЗ от 21.12. 1994 г. определяет общие для РФ организационно-правовые нормы в области защиты граждан РФ, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории РФ, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ или его части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера.

2. Закон РФ «О гражданской обороне» № 28 – ФЗ от 12.02.1998 г. определяет задачи в области гражданской обороны и правовые основы их осуществления, полномочия органов государственной власти РФ, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, организаций независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, а также силы и средства гражданской обороны.

Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии Федерального закона «Об охране окружающей природной среды».

## **5.2. Производственная безопасность**

Производственная безопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих вероятность воздействия на работающих опасных травмирующих производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности [35].

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» неблагоприятные производственные факторы по результирующему воздействию на организм работающего человека подразделяют на:

- вредные производственные факторы, то есть факторы, приводящие к заболеванию, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания;
- опасные производственные факторы, то есть факторы, приводящие к травме, в том числе смертельной [36].

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

| Факторы<br>(ГОСТ 12.0.003-2015)                               | Этапы работ          |                        | Нормативные документы  |
|---|----------------------|------------------------|--|
|   | Разработка алгоритма | Эксплуатация программы |  |
| 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны                    | +                    | +                      | СП 52.13330.2016 <i>Естественное и искусственное освещение</i> . Актуализированная редакция СНиП 2305-95   |
| 2. Превышение уровня шума                                     | +                    | +                      | СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки                                      |
| 3. Отклонение показателей микроклимата                        | +                    | +                      | СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений  |
| 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи        | +                    | +                      | СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы                              |
| 5. Повышенное значение электромагнитного излучения            | +                    | +                      | СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях   |
| 6. Напряжение зрения  | +                    | +                      | СанПиН 2.2.4.335916 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах  |
| 7. Напряжение внимания  | +                    | +                      | СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ  |
| 8. Интеллектуальные нагрузки                                  | +                    | +                      | ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда   |
| 9. Эмоциональные нагрузки                                     | +                    | +                      | ГОСТ 12.0.003-2015 Психофизиологически опасные и вредные производственные факторы  |
| 10. Длительные статические нагрузки                           | +                    | +                      | ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования                     |
| 11. Монотонность труда  | +                    | +                      | ГОСТ 12.0.003-2015 Психофизиологически опасные и вредные производственные факторы  |
| 12. Большой объем информации обрабатываемой в единицу времени | +                    | +                      | Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда |
| 13. Нерациональная организация рабочего места                 |                      |                        |  |



### 5.2.1. Анализ выявленных вредных факторов

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Неправильно организованное освещение может негативно сказаться на здоровье работников, может ухудшиться зрение. Также недостаточная освещенность может привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности. В соответствии со сводом нормативных актов СП 52.13330.2016 *Естественное и искусственное освещение*. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* [37] освещенность при разработке алгоритма должна составлять 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна превышать 300 лк. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Для искусственного освещения помещений с персональными компьютерами следует применять светильники типа ЛПО36 с зеркализированными решетками, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими аппаратами. Допускается применять светильники прямого света, преимущественно отраженного света типа ЛПО13, ЛПО5, ЛСО4, ЛПО34, ЛПО31 с люминесцентными лампами типа ЛБ. Допускается применение светильников местного освещения с лампами накаливания. Светильники должны располагаться в виде сплошных или прерывистых линий сбоку от рабочих мест параллельно линии зрения пользователя при разном расположении компьютеров. При периметральном расположении линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору. Защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающийся отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Превышение уровня шума. При разработке программного обеспечения, основными источниками шума являются:

- Вентиляторы и кулеры системных блоков, находящихся в комнате;
- Жесткие диски и системные блоки.

Также могут иметься иные источники шума, находящиеся за пределами рабочего помещения (строительные и ремонтные работы, массовые мероприятия и т.д.).

В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки» при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ приведены в таблице 5.2 [38]

Таблица 5.2 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

| Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами |       |        |        |        |         |         |         |         | Уровни звука в дБА |
|---|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| 31,5 Гц   | 63 Гц | 125 Гц | 250 Гц | 500 Гц | 1000 Гц | 2000 Гц | 4000 Гц | 8000 Гц |                    |
| 86 дБ   | 71 дБ | 61 дБ  | 54 дБ  | 49 дБ  | 45 дБ   | 42 дБ   | 40 дБ   | 38 дБ   | 50                 |

В случае несоответствия показателей шума установленным нормам, необходимо прибегнуть к мерам по их оптимизации:

- замена компонент ЭВМ на менее шумные аналоги;
- установка звуконепроницаемых окон и дверей.

Отклонение показателей микроклимата. При определенных значениях параметров микроклимата человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний. Неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям, как различные формы простуды, радикулит, тонзиллит, хронический бронхит и др. Слишком высокая влажность затрудняет терморегуляцию, а слишком низкая вызывает пересыхание слизистых: дыхательных путей и глаз. Также уровень влажности влияет на электростатические и электромагнитные поля: чем он выше, тем слабее влияние указанных полей.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. В соответствии с СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений работа программиста соответствует категории работ *Ia* (работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением). Оптимальные параметры микроклимата для категории работ *Ia* приведены в таблице 5.3, допустимые параметры микроклимата – в таблице 5.4.

Таблица 5.3 – Оптимальные параметры микроклимата

| Сезон  | Температура воздуха, $t$ [°C] | Температура поверхностей, $t$ [°C] | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, [м/с] |
|--|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Холодный и переходный (среднесуточная температура меньше 10°C) | 22-24                         | 21 – 25                            | 40-60                      | 0,1                              |
| Теплый (среднесуточная температура воздуха 10°C и выше)        | 23-25                         | 22-26                              | 40-60                      | 0,1                              |

Таблица 5.4 – Допустимые параметры микроклимата

| Период года           | Температура воздуха, °C           |                                   | Температура поверхностей, °C | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с    |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                       | Диапазон ниже оптимальных величин | Диапазон выше оптимальных величин |                              |                                    | Ниже оптимальных величин не более | Выше оптимальных величин не более |
| Холодный и переходный | 20,0-21,9                         | 24,1-25,0                         | 19,0 -26,0                   | 15-75                              | 0,1                               | 0,1                               |
| Теплый                | 21,0-22,9                         | 25,1-28,0                         | 20,0 -29,0                   | 15-75                              | 0,1                               | 0,2                               |

В случае несоответствия показателей микроклимата установленным нормам необходимо прибегнуть к мерам по их оптимизации:

- установка кондиционеров и обогревателей в рабочих помещениях;
- усовершенствование, ремонт вентиляционной и отопительной систем.

Во время работы, ПЭВМ создаёт электромагнитные поля (ЭМП), как монитор, так и процессор, могут являться опасными источниками излучения. При действии ЭМП проявляются зрительные, слуховые, тактильные, тепловые и другие эффекты. При облучении микроволнами области спины и затылочной части головы отмечены повышение возбудимости зрительного анализатора и изменение зрительной функции. При длительном воздействии ЭМП разных частот невысоких интенсивностей отмечены повышение порога температурной чувствительности и снижение количества активных тепловых точек на действие теплового раздражителя. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ, не должны превышать значений, представленных в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

| Наименование параметров                           |                                  | ВДУ ЭМП |
|---|----------------------------------|---------|
| Напряженность электрического поля                 | в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц    | 25 В/м  |
|   | в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц | 2,5 В/м |
| Плотность магнитного потока                       | в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц    | 250 нТл |
|   | в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц | 25 нТл  |
| Электростатический потенциал экрана видеомонитора |                                  | 500 В   |

В случае несоответствия показателей ЭМП установленным нормам, необходимо прибегнуть к мерам:

- выбор рациональных режимов работы оборудования;
- выделение зон воздействия ЭМП (зоны с уровнями ЭМП, превышающими предельно допустимые, где по условиям эксплуатации не требуется даже кратковременное пребывание персонала, должны ограждаться и обозначаться соответствующими предупредительными знаками);
- расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение ПДУ;

- ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП, следует производить (по возможности) вне зоны влияния ЭМП от других источников;
- соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП.

Особенностью работы на ПК является постоянное и значительное напряжение функций зрительного анализатора, обусловленное необходимостью различения объектов (символов, знаков и т.п.), при наличии на экране: строчной структуры экрана, мелькания изображений, недостаточной освещенности поля экрана, недостаточной контрастности объектов различения и необходимости постоянной переадаптации зрительного аппарата к различным уровням оснащенности экрана, оригинала и клавиатуры. Что может привести к: снижению остроты зрения, близорукости, гиперметропии, астигматизму, хроническим заболеваниям зрительного аппарата. Для сохранения функции зрения, необходимо наличие экранов ПК, соответствующих параметрам, приведённым в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Визуальные эргономические параметры и пределы их изменений

| Наименование параметров  | Пределы значений параметров |              |
|--|-----------------------------|--------------|
|  | минимальные                 | максимальные |
| Яркость знака (яркость фона)<br>кд/м <sup>3</sup> (измеренная в темноте) | 35                          | 120          |
| Внешняя освещенность экрана, ПК  | 100                         | 250          |
| Угловой размер знака, угл. мин   | 16                          | 60           |

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья пользователей на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы. Время регламентированных перерывов в течение рабочей смены устанавливается в зависимости от ее продолжительности, вида и категории трудовой деятельности. В профилактических целях необходимо проводить медицинский офтальмологический осмотр работников.

Дополнительное вредное проявление работы на ПК - повышенное нервно-эмоциональное напряжение, при котором ускоряется вывод из организма многих жизненно необходимых витаминов и макроэлементов.

При различных работах (Таблица 5.8), уровни эмоционального напряжения (Таблица 5.9) разнятся.

Таблица 5.8– Вид и категории трудовой деятельности с ВДТ и ПЭВМ

| Группа  | Категории тяжести и напряженности работы |            |            |
|---|--|------------|------------|
|   | I  | II         | III        |
| <b>A</b> (по числу считываемых знаков за смену)   | до 20 тыс.                               | до 40 тыс. | до 60 тыс. |
| <b>B</b> (по числу считываемых или вводимых знаков за смену)  | до 15 тыс.                               | до 30 тыс. | до 40 тыс. |
| <b>B</b> (по суммарному времени непосредственной работы с ПЭВМ и ВДТ за смену, но не более 4 часов) | до 2 ч                                   | до 4 ч     | до 6 ч     |

Таблица 5.9 – Режим работы оператора ПК

| Категория работы с ПК | Уровень нагрузки за рабочую смену |                         |             | Суммарное время перерывов, мин |                       |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------|-----------------------|
|                       | Группа А, кол-во знаков           | Группа Б, кол-во знаков | Группа В, ч | при 8- часовой смене           | при 12- часовой смене |
| I                     | До 20 тыс.                        | 15 тыс.                 | До 2        | 30                             | 70                    |
| II                    | До 40 тыс.                        | 30 тыс.                 | До 4        | 50                             | 90                    |
| III                   | До 60 тыс.                        | 40 тыс.                 | До 6        | 70                             | 120                   |

Для снижения нервно-эмоционального напряжения и информационного шума, облегчения функций концентрации внимания рабочие места следует изолировать перегородками. Перегородки, предназначенные для выделения рабочих мест, следует выполнять в соответствии с СН 512-78. Конструкция перегородки должна предусматривать возможность размещения на ней звукопоглощающих облицовок. Высота перегородки может составлять от 1,5 до 2 м. Перегородка состоит из каркаса (в основном из дерева) и должна быть облицована со стороны источника шума звукопоглощающим материалом. Оптимальной толщиной звукопоглощающего слоя конструкции перегородки является толщина = 50 мм.

Интеллектуальные нагрузки характеризуются повышенной нагрузкой на головной мозг, центральную нервную систему, органы чувств. Это может привести к болезням ЦНС, хронической усталости и расстройствам психики. Данный вид труда характеризуется значительным снижением двигательной активности. Энергозатраты при умственном труде составляют 2500 – 3000 ккал в сутки. При нервном напряжении возникает тахикардия, рост кровяного давления, изменение ЭКГ, увеличение потребления кислорода. Для правильной организации умственной деятельности необходимо: постепенно «входить» в работу, соблюдать ритм, систематичность. Данный вид труда характеризуется значительным снижением двигательной активности (гипокинезией), что приводит к сердечно-сосудистой патологии.

Таблица 5.10 – Показатели допустимой трудовой нагрузки

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
| Показатели напряженности трудового процесса        | Оптимальный класс условий труда.<br>Напряженность легкой степени | Допустимый класс условий труда.<br>Напряженность средней степени                 | Вредный класс 3.1   | Вредный класс 3.2  |
| Содержание работы                                  | Отсутствует необходимость принятия решения                       | Решение простых задач по инструкции  | Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)  | Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения алгоритма, единоличное руководство в сложных ситуациях                    |
| Восприятие сигналов (информации) и их оценка       | Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий          | Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций                 | Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями.<br>Заключительная оценка фактических значений параметров | Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров.<br>Комплексная оценка всей производственной деятельности |
| Распределение функций по степени сложности задания | Обработка и выполнение задания                                   | Обработка, выполнение задания и его проверка                                     | Обработка, проверка и контроль за выполнением задания   | Контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам  |
| Характер выполняемой работы                        | Работа по индивидуальному плану                                  | Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности | Работа в условиях дефицита времени  | Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат                                  |

В целях профилактики отрицательных последствий воздействия профессионального стресса необходимо правильно организовать свою



деятельность. Учитывая показатели интеллектуальной нагрузки, следует придерживаться некоторых правил, помогающих снизить напряженность:

- С целью необходимости упорядочения времени проведения производственных совещаний, целесообразно проведение их во второй половине рабочего дня в понедельник и пятницу. При длительности мероприятий более 1,5 часа необходимо назначение 10 - 15-минутных перерывов через 1,5 часа работы.

- Для предотвращения эмоционального перенапряжения необходимо составлять четкие временные планы-графики производственных мероприятий с указанием их содержания.

Для создания благоприятного психологического климата необходимо участвовать в принятии решений, связанных с работой. Подобное участие помогает принять перемены и дает возможность высказать свое мнение и "озвучить" претензии.

Во время длительной работы за ПК, развиваются болезни мышц и суставов, а так же позвоночника. К развитию профессиональных заболеваний спины могут приводить физические нагрузки, превышающие допустимые параметры, а именно – региональные мышечные нагрузки (длительная физическая нагрузка на мышцы верхних конечностей и плечевого пояса), что обусловлено постоянной необходимостью поддержки плечевого пояса.

Длительное (25 и более процентов времени смены) пребывание работников различных профессий в физиологически нерациональных рабочих позах является утомительным для организма из-за постоянной статической нагрузки на отдельные мышечные группы, в основном на группы мышц шеи, плечевого пояса, поясничной области, что может явиться причиной возникновения заболеваний спины.

Для профилактики заболеваний и снижения уровня нагрузки, необходимы перерывы и нормированный рабочий день (Таблица – 5.9).

В целях профилактики развития утомления, перенапряжения и развития скелетно-мышечных заболеваний существенное значение имеет соответствие конструкции используемого производственного оборудования, ручного инструмента и т.д. современным требованиям эргономики, а именно антропометрическим данным, физиологическим и психологическим возможностям работающего человека.

Большой объём информации, обрабатываемый в единицу времени требует от работника постоянного психо-эмоционального напряжения, что развивает хроническую усталость, перенапряжение зрения и ведёт к потерям данных, ошибкам в работе и, как следствие, снижению качества работы.

Для повышения качества работ необходимы постоянные перерывы. Нормы обработки информации и соответствующая длительность перерывов приведены в Таблицах 5.8 и 5.9.

### **5.2.2. Анализ выявленных опасных факторов**

Поражение человеческого организма электрическим током может служить причиной травм различного характера: повреждение мышечного и кожного покровов, ожоги различной степени и т.д. Последствия действия тока на организм человека зависят от силы тока, длительности его действия, пути тока в теле и индивидуальных свойств организма.

Для предотвращения поражения электрическим током при работе с компьютером необходимо:

- обеспечить недоступность токоведущих частей для прикосновения;
- подключать все электрические приборы, включая ЭВМ, к сети питания только через сетевой фильтр;
- избегать возникновения повышенной влажности;
- не снимать боковую крышку корпуса ЭВМ при включённой сети питания;
- обеспечивать чистоту помещения и не допускать запыленности воздуха.

Часто в процессе эксплуатации ЭВМ возникает необходимость замены и ремонта ее составляющих. В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 запрещено проводить ремонт ЭВМ непосредственно в рабочих, лабораторных и рабочих помещениях.

### **5.3. Экологическая безопасность**

#### **5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.**

Объект исследования является теоретическим и не оказывает влияния на окружающую среду.

#### **5.3.2. Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду.**

В ходе данной работы были использованы следующие ресурсы:

- электроэнергия для работы компьютера;
- бумага;
- люминесцентные лампы.

При эксплуатации ЭВМ и ее комплектующих потребляется электрическая энергия, выработка которой осуществляется на электростанциях и сопровождается выбросами различных вредных веществ в окружающую среду. Чем больше электропотребление – тем крупнее выбросы. Однако с точки зрения потребления ресурсов компьютер потребляет сравнительно небольшое количество электроэнергии, что положительным образом сказывается на общей экономии потребления электроэнергии.

Современные операционные системы предоставляют возможность составлять график потребления электроэнергии для каждой отдельной комплектующей ЭВМ. Вдобавок многие устройства, такие как принтер, сканер, камера и т.д. могут не использоваться в течение рабочего дня, и необходимость в их постоянном подключении к сети электропитания отпадает. Таким образом, у пользователя ЭВМ появляется множество средств для минимизации электропотребления.

При написании ВКР вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому не оказывались существенные воздействия на окружающую среду, и никакого ущерба окружающей среде не было нанесено.

### **5.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.**

Конструкция ЭВМ содержит в себе различные пластиковые и металлические элементы, которые в случае прихода в негодность должны быть соответствующим образом утилизированы или переданы на вторичную обработку.

Сломанные и непригодные для дальнейшей эксплуатации комплектующие ЭВМ, а также бумажные отходы, должны быть переданы организациям, занимающимся утилизацией и переработкой отходов. Среди основных методов уничтожения, которые применяются на сегодняшний день для бумажных документов, следует отметить следующие:

- Сжигание документов.
- Шредирование.
- Закапывание.
- Химическая обработка.

Переработка оргтехники включает в себя несколько этапов:

Первый этап – удаление всех опасных компонентов.

Второй этап – удаление всех крупных пластиковых частей. В большинстве случаев эта операция также осуществляется вручную. Оставшиеся после разборки части отправляют в большой измельчитель, и все дальнейшие операции автоматизированы.

Третий этап – измельченные в гранулы остатки компьютеров подвергаются сортировке. Сначала с помощью магнитов извлекаются все железные части. Затем приступают к выделению цветных металлов, которых в ПК значительно больше.

Перегоревшие люминесцентные лампы можно отнести в свой районный ДЕЗ или РЭУ, где установлены специальные контейнеры. Там их должны бесплатно принять.

#### **5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

##### **5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.**

Объект исследования является теоретическим и не может привести к возникновению ЧС.

##### **5.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

В Томске преобладает континентально-циклонический климат. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.) отсутствуют. Возможными ЧС могут быть сильные морозы и пожары.

Морозы. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения.

Пожары. Причиной возникновения пожара при разработке программного приложения может служить:

- неисправность проводки или электрического оборудования;
- короткое замыкание в одной из составляющих ЭВМ;
- несоблюдение правил пожарной безопасности.

##### **5.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Кроме того, необходимо иметь альтернативные источники тепла, электроэнергии и транспорта.

Обязательные меры по предотвращению возникновения возгорания:

- разработка, внедрение и контроль над соблюдением пожарных норм и правил;
- проведение противопожарного инструктажа;
- содержание в готовности противопожарных средств;
- регулярное проведение пожарно-технических обследований;
- использование электрических приборов и ЭВМ в только соответствии с инструкцией по эксплуатации.

При возникновении пожара человек, обнаруживший пожар, обязан:

1. Немедленно сообщить в пожарную охрану по телефону 01.
2. Сообщить о случившемся дежурному персоналу.

### **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

Отрицательное воздействие ЭВМ на человека сглажено многими положительными моментами. При соблюдении условий, определяющих оптимальную организацию рабочего места программиста, можно сохранить хорошую работоспособность в течение всего рабочего дня, повысить производительность труда, что в свою очередь будет способствовать быстрой разработке и отладке программного продукта.

Во избежание негативного влияния на здоровье необходимо делать перерывы при работе с ЭВМ и проводить специализированные комплексы упражнений для глаз.

Работу на ЭВМ можно назвать в достаточной степени экологически безопасной, так как компьютер потребляет сравнительно небольшое количество электроэнергии. Однако необходимо должным образом утилизировать пришедшие в негодность составляющие компьютера.

В отношении чрезвычайных ситуаций – Томск находится в сейсмически неактивной зоне, далекой от океана, природные явления (наводнения, землетрясения, засухи, ураганы и т. д.) в нем отсутствуют. Возможные ЧС: пожары и морозы. При соблюдении обязательных мер возгорания можно предотвратить. Однако морозы предотвратить невозможно, вследствие чего

необходимо иметь альтернативные источники тепла, электроэнергии и транспорта.

Таким образом, чтобы избежать вредного воздействия при работе с ЭВМ, необходимо соблюдать соответствующие меры безопасности, правильно планировать рабочее место и режим работы.

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, была достигнута основная цель работы – разработан и реализован средствами имитационного и математического моделирования алгоритм, для обеспечения долгосрочного планирования сеансов связи между космическими аппаратами и земными станциями.

Данная разработка позволит сократить количество ручного управления и составления расписания, повысит ресурсоэффективность предприятий космической отрасли, обеспечивающих техническое обслуживание и эксплуатацию автономных космических аппаратов околоземной орбиты.

В процессе разработки и реализации алгоритма, были выполнены следующие задачи:

- изучены методы исследования мультиагентных систем;
- выявлены наиболее подходящий аналитический метод для составления расписания в мультиагентной системе;
- аналитически сформировано расписание;
- разработан алгоритм автоматического составления расписания;
- произведено имитационное моделирование и апробация разработанного алгоритма.

Главным достоинством данного алгоритма является меньшее время простоя земных станций и более высокий коэффициент загрузки приоритетных станций. Так же разработанный алгоритм быстрее тех, которые находятся в свободном доступе.

Дальнейшие работы в данном направлении подразумевают программную реализацию разработанного алгоритма и его внедрение в АО ИСС в качестве инструментария планирования расписания сеансов связи КА и ЗС.



### Список использованных источников

- [1] Скобелев П.О, Травин В.С., Жилиев А.А., Симонова Е.В., Иванов А.Б. Мультиагентная технология адаптивного планирования сеансов связи группировки малых космических аппаратов с наземными станциями // 7-я Российская мультиконференция по проблемам управления (ИТУ-2014): Сборник трудов конференции "Информационные технологии в управлении". – Санкт-Петербург: Изд-во ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2014. – С. 701-709.
- [2] Колпин М.А., Проценко П. А. Методика планирования задействования средств наземного автоматизированного комплекса управления космическими аппаратами // Журнал: наукоемкие технологии в космических исследованиях земли. – Москва: Изд-во: ООО «Издательский дом Медиа паблишер», 2018. – С. 2.
- [3] Управление полетом космического аппарата [Электронный ресурс]: статья // Электронный журнал «Космос-журнал». – Режим доступа: <http://www.cosmos-journal.ru/articles/936> (Дата обращения 23.12.2019).
- [4] Лапушкин, В. Н. Основы управления космическими аппаратами в полете: учеб. пособие / В. Н. Лапушкин. – Красноярск: Акционерное общество «Информационные Спутниковые Системы» имени академика М. Ф. Решетнева, 2012. – С. 382.
- [5] Микрин, Е. А. Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения: науч. изд. / Е. А. Микрин. – Москва: МГТУ им. Баумана, 2003. – С. 336.
- [6] Перов, А. И. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования: науч. изд. / А. И. Перов, В. Н. Харисов. – Москва: Радиотехника, 2010. – С. 800.
- [7] Чеботарев, В. Е. Проектирование космических аппаратов систем информационного обеспечения. Книга 1. Внешнее проектирование

космического аппарата: учеб.пособие / В. Е. Чеботарёв. – Красноярск.: СибГАУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2004. – 131 с.

[8] Соловьёв, В.А. Полеты в космос. Оперативное управление космическими аппаратами [Электронный ресурс]: статья // Межфакультетские учебные курсы Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова – Режим доступа: <http://mfk.msu.ru/attachment/114/>. (Дата обращения 18.01.2020).

[9] Рассел, Д. Улисс (космический аппарат): науч. изд. / Джесси Рассел. – Москва: VSD, 2013. – С. 143.

[10] Блинов, В. Н. Малые космические аппараты: справочное пособие / В. Н. Блинов, Н. Н. Иванов, Ю. Н. Сеченов. – Москва: ОмГТУ, 2007. – С. 348.

[11] Карионов, Ю. И. Результаты тестирования ортофотопланов и цифровых моделей местности, выполненных по снимкам Cartosat-1 (IRS-P5) / Ю. И. Карионов // Научно-популярный журнал Земля из космоса. – 2010. – №4. – С. 85 – 89.

[12] Калашников Д.А., Соловьёв В.А., Скобелев П.О., Симонова Е.В., Майоров И.В., Лахин О.И., Тихонов Д.И., Ворожейкин В.Н. Метод адаптивного планирования сеансов связи ЦУП с группировкой КА по критериям надежности и экономичности связи // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – № 1(45). – С. 58–70.

[13] Скобелев П.О. Открытые мультиагентные системы для оперативной обработки информации в процессах принятия решений // Автометрия. – 2002. – № 6. – С. 45-61.

[14] Скобелев П.О. Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания самарской научной школы мультиагентных систем // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2011. – № 12. – С. 33–46.

- [15] Скобелев П.О. Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития // Приложение к теоретическому и прикладному научно-техническому журналу «Информационные технологии». – 2013. – № 1. – С. 1–32.
- [16] Коршиков Д.Н., Лахин О.И., Носкова А.И., Юрыгина Ю.С. Методы представления знаний для решения задач моделирования // Мат-лы V Междунар. науч.-техн. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» – Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2015), 19–21 февраля 2015 г. – Минск: БГУИР, 2015. – С. 425–428.
- [17] Надыров А. И., Беленкова О. А. Моделирование как метод научного познания и инструмент решения технических проблем // Журнал: Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург: Изд-во: Соколова Марина Владимировна, 2016. –С. 157-158.
- [18] Т.Т. Газизов, Моделирование систем // Учебное пособие. – Томск: Изд-во: Томский государственный педагогический университет, 2016. – С. 2.
- [19] Вычислительные системы, сети и телекоммуникации // Моделирование сетей. [Электронный ресурс]. – [https://studme.org/98821/informatika/etapy\\_razrabotki\\_modeley](https://studme.org/98821/informatika/etapy_razrabotki_modeley) (дата обращения 23.04.2020).
- [20] Колдаев В. Д. Структуры и алгоритмы обработки данных // Учебное пособие. – Москва: Изд-во: Инфра-М, 2017. – С. 41.
- [21] Свитов, Р. Состояние и перспективы развития американских военных систем спутниковой связи / Р. Свитов // Зарубежное военное обозрение. – 2013. – №12. – С. 63-68.
- [22] Карионов, Ю. И. Результаты тестирования ортофотопланов и цифровых моделей местности, выполненных по снимкам Cartosat-1 (IRS-P5) / Ю. И.

Карионов // Научно-популярный журнал Земля из космоса. – 2010. – №4.– С. 85 – 89.

[23] Калашников Д.А., Соловьев В.А., Скобелев П.О., Симонова Е.В., Майоров И.В., Лахин О.И., Тихонов Д.И., Ворожейкин В.Н. Особенности постановки задачи оптимизации показателей надежности и экономичности сеансов для передачи разнородных данных группировки КА и ЦУП через сеть наземных станций // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2014. – № 4(44). – С. 73–77.

[24] Аракчеева, Н.Т. Экономика отрасли. Составление сметной документации в дорожном строительстве // Часть I: учебное пособие для вузов – Орел: Изд-во: ОрелГТУ, 2011. – С. 41.

[25] Гумба Х.М. Экономика отрасли: ценообразование и сметное дело в строительстве // Учебное пособие – Москва: Изд-во: Юрайт, 2018 – С. 372.

[26] Сушко Т. И. Бухгалтерский учет и отчетность в промышленности // Учебное пособие – Минск: Изд-во: «Вышэйшая школа», 2013 – С. 527.

[27] Дегальцева Ж. В., Шулепина С. А. Совершенствование механизма исчисления НДС при применении налоговых льгот // Научный журнал КубГАУ, 2014. - №98.- С. 15-18.

[28] Астафьева А. С., Бабаев А. А., Ледков Е. А. Методика расчета стоимости создания программного продукта на основе конструктора информационных систем // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2011. - №7. – С. 123-140.

[29] Ваганова Е. В., Земцов А. А., Миньков С. Л. Оценка стоимости разработки программного продукта: обзор // ПУФ. 2016. – №1(21) – С.27.

- [30] Одинцов Л. Г., Мещеряков Е. М., Румянцева В. С. Методика оценки результатов научно-технических работ // Технологии гражданской безопасности. 2013. – №1 (35). – С. 97.
- [31] Федосеев С.В., Тумар О.С. Научно-технический потенциал в составе совокупного экономического потенциала // Записки Горного института. 2011. – С. 38.
- [32] Колотухин В. Подходы к оценке эффективности использования научно-технического потенциала // Научный журнал «Наука и инновации». 2006. №4 (38). – С. 50.
- [33] ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
- [34] СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
- [35] Производственная безопасность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://it.rfei.ru/course/~4VxS/~IBBT/~uB4p0IUo> (дата обращения: 06.05.2019).
- [36] ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
- [37] СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* 70.
- [38] СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки».
- [39] СанПиН 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
- [40] СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».