

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра подъемно-транспортных, строительных,  
дорожных машин и оборудования**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

Е.И.Луковникова

«\_\_\_\_\_» декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Б1.В.10**

**СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**

**23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства**

**СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ**

**Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и  
оборудование**

**Программа специалитета**

Квалификация выпускника: инженер

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b> | <b>3</b>  |
| <b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>4</b>  |
| 3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....  | 4         |
| 3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....  | 5         |
| <b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>  | <b>5</b>  |
| 4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....   | 5         |
| 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....   | 7         |
| 4.3 Лабораторные работы.....   | 9         |
| 4.4 Практические занятия.....  | 9         |
| 4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа.....   | 10        |
| <b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>            | <b>13</b> |
| <b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>   | <b>14</b> |
| <b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                           | <b>15</b> |
| <b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>  | <b>15</b> |
| 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ..  | 15        |
| 9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта .....   | 51        |
| <b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>                          | <b>52</b> |
| <b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>                        | <b>53</b> |
| <b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>                                   | <b>54</b> |
| <b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>  | <b>59</b> |
| <b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>   | <b>61</b> |

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

- подготовка будущего инженера к решению профессиональных, научно-технических задач в сфере теории и современных методов проектирования комплексной механизации, автоматизации и механовооруженности строительства на основе системного подхода, широкого использования экономико-математических методов, моделей и средств автоматизации для выработки обоснованных решений;

- участие в составе коллектива исполнителей в разработке технических условий на техническое описание наземных транспортно-технологических машин;

- участие в составе коллектива исполнителей в осуществлении поверки основных средств измерений при эксплуатации наземных транспортно-технологических машин;

- участие в составе коллектива исполнителей в организации эксплуатации наземных транспортно-технологических машин и их технологического оборудования.

## Задачи дисциплины

- изучение основ теории комплексной механизации, автоматизации и механовооруженности наземных транспортно-технологических машин;

- освоение технологии комплектования наземных транспортно-технологических машин;

- изучение методов формирования оптимальных комплектов, комплексов и парков наземных транспортно-технологических машин в условиях различной определенности и их оптимальное использование;

- освоение методов оптимального насыщения фронта работ средствами механизации;

- изучение методов прогнозирования и экономической оценки комплексной механизации.

| Код компетенции | Содержание компетенций   | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине  |
|-----------------|--|--|
| 1               | 2  | 3  |
| ПСК-2.7         | Способностью разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ | <b>Знать:</b> методики и требования к разработке и применению технологической документации для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;<br><b>уметь:</b> разрабатывать и применять на практике технологическую документацию для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;<br><b>владеть:</b> основными методиками и требованиями к разработке и применению технологической документации для эксплуатации, |

|       |  |   |
|-------|--|---|
|       |  | технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ.   |
| ПК-10 | способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического и оборудования | <p><b>знать:</b> - нормы разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> <p><b>уметь:</b> - разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> <p><b>владеть:</b> - навыками разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.10 Комплексная механизация строительства относится к вариативной части.

Дисциплина Комплексная механизация строительства относится к вариативной части базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: Детали машин, Теория механизмов и машин, Теория наземных транспортно-технологических машин.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин Комплексная механизация строительства представляет основу для выполнения выпускной квалификационной работы.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации специалист.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

| Форма обучения | Курс | Семестр | Трудоемкость дисциплины в часах |                  |        |                     |                      |                        | Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР | Вид промежуточной аттестации |
|----------------|------|---------|---------------------------------|------------------|--------|---------------------|----------------------|------------------------|--|------------------------------|
|                |      |         | Всего часов (с экз.)            | Аудиторных часов | Лекции | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа |  |                              |
| 1              | 2    | 3       | 4                               | 5                | 6      | 7                   | 8                    | 9                      | 10   | 11                           |
| Очная          | 5    | 9       | 144                             | 68               | 34     | 17                  | 17                   | 22                     | КР   | Экзамен                      |

|   |   |   |     |    |   |   |   |     |    |         |
|---|---|---|-----|----|---|---|---|-----|----|---------|
| <b>Заочная</b>                          | 6 | - | 144 | 24 | 8 | 8 | 8 | 111 | КР | Экзамен |
| <b>Заочная</b><br>(ускоренное обучение) | - | - | -   | -  | - | - | - | -   | -  | -       |
| <b>Очно-заочная</b>                     | - | - | -   | -  | - | - | - | -   | -  | -       |

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

| <i>Вид учебных занятий</i>                                       | <i>Трудо-емкость (час.)</i> | <i>в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i> | <i>Распределение по семестрам, час</i> |
|--|-----------------------------|---|--|
|  |                             |   | <b>9</b>                               |
| <b>1</b>   | <b>2</b>                    | <b>3</b>  | <b>4</b>                               |
| <b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b> | 68                          | 20  | 68                                     |
| Лекции (Лк)  | 34                          | -   | 34                                     |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 17                          | 10  | 17                                     |
| Практические занятия   | 17                          | 10  | 17                                     |
| Курсовой проект  | +                           | -   | +                                      |
| Групповые (индивидуальные) консультации                          | +                           | -   | +                                      |
| <b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>               | 22                          | -   | 22                                     |
| Подготовка к лабораторным работам                                | 6                           | -   | 6                                      |
| Подготовка к практическим занятиям                               | 6                           | -   | 6                                      |
| Подготовка к экзамену в течение семестра                         | 5                           | -   | 5                                      |
| Выполнение курсового проекта                                     | 5                           | -   | 5                                      |
| <b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>                     | 54                          | -   | 54                                     |
| Общая трудоемкость дисциплины ..... час.                         | 144                         | -   | 144                                    |
| зач. ед.   | 4                           | -   | 4                                      |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

| <i>№ раздела</i> | <i>Наименование раздела дисциплины</i>                                   | <i>Трудоемкость, (час.)</i> | <i>Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)</i> |                            |                             |   |
|------------------|--|-----------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|---|
|                  |  |                             | <i>учебные занятия</i>   |                            |                             | <i>Самостоятельная работа обучающихся</i> |
|                  |  |                             | <i>лекции</i>  | <i>лабораторные работы</i> | <i>практические занятия</i> |   |
| <b>1</b>         | <b>2</b>   | <b>3</b>                    | <b>4</b>   | <b>5</b>                   | <b>6</b>                    |   |
| <b>1.</b>        | <b>Тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации.</b> | <b>4</b>                    | <b>2</b>   | -                          | -                           | <b>2</b>                                  |
| <b>2.</b>        | <b>Основные</b>  | <b>10</b>                   | <b>4</b>   | <b>5</b>                   | -                           | <b>1</b>                                  |

|     |  |           |           |           |           |           |
|-----|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|     | характеристики и технико-экономические показатели комплексной механизации строительства. |           |           |           |           |           |
| 3.  | Организация работы парка строительных машин.   | 5         | 3         | -         | -         | 2         |
| 4.  | Организация строительного производства.  | 11        | 4         | -         | 4         | 3         |
| 5.  | Области эффективного применения машин и выбор целесообразных вариантов механизации.      | 19        | 2         | 5         | 9         | 3         |
| 6.  | Комплексная механизация основных видов работ.  | 6         | 4         | -         | -         | 2         |
| 7.  | Содержание, модели и методы решения задач оптимального планирования механизации.         | 19        | 5         | 7         | 4         | 3         |
| 8.  | Основы комплексной автоматизации строительства.  | 4         | 3         | -         | -         | 1         |
| 9.  | Основы механовооруженности строительства.  | 4         | 2         | -         | -         | 2         |
| 10. | Расчет состава и структуры машинных парков.  | 8         | 5         | -         | -         | 3         |
|     | <b>ИТОГО</b>   | <b>90</b> | <b>34</b> | <b>17</b> | <b>17</b> | <b>22</b> |

- для заочной формы обучения:

| № раздела | Наименование раздела дисциплины                                   | Трудоемкость, (час.) | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.) |                     |                      |                                    |
|-----------|---|----------------------|---|---------------------|----------------------|------------------------------------|
|           |   |                      | учебные занятия   |                     |                      | Самостоятельная работа обучающихся |
|           |   |                      | лекции  | лабораторные работы | практические занятия |                                    |
| 1         | 2   | 3                    | 4   | 5                   | 6                    |                                    |
| 1.        | Тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации. | 10,5                 | 0,5   | -                   | -                    | 10                                 |
| 2.        | Основные  | 12                   | 0,5   | 2,5                 | -                    | 9                                  |

|     |  |            |          |          |          |            |
|-----|--|------------|----------|----------|----------|------------|
|     | характеристики и технико-экономические показатели комплексной механизации строительства. |            |          |          |          |            |
| 3.  | Организация работы парка строительных машин.   | 12         | 1        | -        | -        | 11         |
| 4.  | Организация строительного производства.  | 16         | 1        | -        | 2        | 13         |
| 5.  | Области эффективного применения машин и выбор целесообразных вариантов механизации.      | 20,5       | 1        | 2,5      | 4        | 13         |
| 6.  | Комплексная механизация основных видов работ.  | 12         | 1        | -        | -        | 11         |
| 7.  | Содержание, модели и методы решения задач оптимального планирования механизации.         | 17,5       | 0,5      | 3        | 2        | 12         |
| 8.  | Основы комплексной автоматизации строительства.  | 12         | 1        | -        | -        | 11         |
| 9.  | Основы механовооруженности строительства.  | 10,5       | 0,5      | -        | -        | 10         |
| 10. | Расчет состава и структуры машинных парков.  | 12         | 1        | -        | -        | 11         |
|     | <b>ИТОГО</b>   | <b>135</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>111</b> |

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам.

| <i>№ раздела</i> | <i>Наименование раздела дисциплины</i>                            | <i>Содержание лекционных занятий</i>   | <i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i> |
|------------------|---|--|--|
| 1                | 2   | 3  | 4  |
| 1.               | Тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации. | Содержание курса и его связь с другими учебными дисциплинами. Современное состояние, тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации, автоматизации и | -  |

|    |   |  |   |
|----|---|--|---|
|    |   | механовооруженности строительства.   |   |
| 2. | Основные характеристики и технико-экономические показатели комплексной механизации строительства. | Особенности работы комплектов машин. Взаимодействие ведущих машин в комплексе.   | - |
| 3. | Организация работы парка строительных машин   | Организационные формы управления строительством в РФ. Принципы управления предприятиями механизации.   | - |
| 4. | Организация строительного производства.   | Организация строительного производства. ПОС и ППР. Технологические карты.  | - |
|    |   | Основы поточной организации строительного производства. Формирование и расчет строительных потоков.  |   |
| 5. | Области эффективного применения машин и выбор целесообразных вариантов механизации.               | Принципы подбора комплектов машин. Методика выбора комплектов машин и оценка вариантов комплексной механизации.  | - |
|    |   | Определение области эффективного применения комплектов машин, осуществляющих совместно строительные и транспортные процессы.   |   |
| 6. | Комплексная механизация основных видов работ.   | Комплексная механизация земляных работ.  | - |
|    |   | Комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ.   |   |
|    |   | Комплексная механизация подъемно-транспортных, монтажных работ и бетонных работ.   |   |
| 7. | Содержание, модели и методы решения задач оптимального планирования механизации.                  | Оптимальное распределение парка машин по объектам строительства и участкам работ. Постановка задачи. Критерии оптимальности. Исходные материалы.   | - |
|    |   | Построение математической модели. Расчет модели на ЭВМ.  |   |
| 8. | Основы комплексной автоматизации строительства.   | Основы комплексной автоматизации строительства. Агрегатированные комплекты аппаратуры (АКА). Состав и возможности, информационное, техническое и программное обеспечение автоматизированных систем проектирования и управления комплексной механизации строительства. Классификация систем автоматического управления (САУ) положением рабочего органа дорожно-строительных машин. Автоматизация моделирования комплектов машин. | - |
|    |   | Имитационное моделирование процесса  |   |

|     |   |  |   |
|-----|---|--|---|
|     |   | функционирования больших и малых комплексов машин, выработка оптимальных проектных решений. Автоматизация расчетов в процессе проектирования.  |   |
| 9.  | Основы механовооруженности и строительства. | Составление плана комплексной механизации. Определение потребности в основных машинах и необходимой поставки для пополнения парка.   | - |
| 10. | Расчет состава и структуры машинных парков. | Расчет рациональной структуры парка машин. Формирование и расчет оптимального состава парка машин строительно-дорожных организаций. Основы автоматизированного проектирования машинных парков строительных и дорожных машин. Расчет экономической эффективности машинных парков. | - |

#### 4.3. Лабораторные работы.

| <i>№ п/п</i> | <i>Номер раздела дисциплины</i> | <i>Наименование лабораторной работы</i>          | <i>Объем (час.)</i> | <i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i> |
|--------------|---------------------------------|--|---------------------|--|
| 1.           | 2.                              | Расчет экономической эффективности новой техники | 5                   | Работа в малой группе (4 час.)   |
| 2.           | 5.                              | Выбор оптимального комплекта оборудования        | 5                   | разбор конкретных ситуаций (4 час.)  |
| 3.           | 7.                              | Симплекс метод (simplex.exe)                     | 3,5                 | -  |
| 4.           | 7.                              | Транспортная задача (trans.exe)                  | 3,5                 | решение проблем в группах смешанного состава (2 час.)                      |
| <b>ИТОГО</b> |                                 |  | <b>17</b>           | <b>10</b>  |

#### 4.4. Практические занятия.

| <i>№ п/п</i> | <i>Номер раздела дисциплины</i> | <i>Наименование практических занятий</i>   | <i>Объем (час.)</i> | <i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i> |
|--------------|---------------------------------|--|---------------------|--|
| 1            | 4.                              | Формирование неритмичного потока комплексно-механизированных строительных работ.               | 4                   | деловые игры (3,5 час.)  |
| 2            | 5.                              | Выбор типа скреперов и формирование рабочих отрядов скрепер-толкач                             | 2,5                 | -  |
| 3            | 5.                              | Оптимизация использования транспортных средств при комплексной механизации строительных работ. | 4                   | Тренинги (3 час.)  |
| 4            | 5.                              | Выбор рациональных маршрутов перевозок строительных грузов и                                   | 2,5                 | -  |

|              |    |  |           |                                  |
|--------------|----|--|-----------|----------------------------------|
|              |    | комплектование звеньев «экскаватор-самосвал» на строительстве автомобильных дорог. |           |                                  |
| 5.           | 7. | Оптимизация расстановок машин по участкам работ по критерию времени.               | 4         | Работа в малой группе (3,5 час.) |
| <b>ИТОГО</b> |    |  | <b>17</b> | <b>10</b>                        |

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа.

Цель: приобрести навыки:

- 1) решения конкретных задач по оптимальному подбору скреперов и формированию отрядов «скрепер-толкач» для работы в заданных условиях эксплуатации;
- 2) применения современных методов оптимизации при организации оптимального использования дорожно-строительных машин;
- 3) выбора рациональных маршрутов перевозки грузов при максимальном коэффициенте использования пробега автомобилей;
- 4) определения качества и вида экскаваторов и самосвалов, необходимых для перевозки указанного объема строительных материалов;
- 5) применения современных методов организации комплексно-механизированных строительных работ.

Это даст возможность повысить эффективность, точность и объективность принимаемых решений и освободит специалиста от рутинной, нетворческой деятельности.

Структура.

Отчёт по курсовой работе должен иметь следующую структуру:

- титульный лист;
- задание на отдельном листе;
- содержание;
- список использованных сокращений и обозначений;
- введение [1-2 стр.];
- основная часть;
- заключение [1 стр.];
- список использованных источников.

Тематика курсовой работы затрагивает вопросы оптимального использования средств механизации при комплексной механизации строительных работ, формирование и расчет неритмичных потоков комплексно-механизированных строительных работ.

Рекомендуемый объем. Оформление курсовой работы: объем отчёта должен составлять 20-30 страниц печатного текста. Следует придерживаться следующих параметров оформления отчёта: формат листа отчёта – А4, размеры полей: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу 20 мм. Шрифт Times New Roman, кегль 14. Абзацный отступ – 1,5 см, выравнивание абзаца – по ширине, межстрочный интервал – полуторный. Текст печатается только на одной стороне листа. Страницы должны быть пронумерованы внизу страницы справа. Нумерация страниц – сквозная для всего отчёта, на первом (титульном) листе номер не ставится.

Выдача задания, прием и защита курсовой работы проводится в соответствии с календарным учебным графиком..

| Оценка  | Критерии оценки курсовой работы   |
|---------|---|
| Отлично | Обучающийся продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков: умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их при выполнении практического задания; отвечал самостоятельно без наводящих вопросов преподавателя. Структура оформления курсовой работы соблюдена. |

|                     |   |
|---------------------|---|
| Хорошо              | При защите курсовой работы обучающийся допустил небольшие пробелы, не исказившие логического и информационного содержания ответа: один-два недочета при освещении основного содержания, исправленные по замечанию преподавателя; при ответе на дополнительные вопросы допущено не более 2-3 ошибок. Структура оформления курсовой работы соблюдена.   |
| Удовлетворительно   | Содержание материала раскрыто не полностью, но показано общее понимание темы курсовой работы, продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала, обучающийся продемонстрировал затруднения или допустил ошибки в определении понятий, использовании терминологии, блок-схем и выкладках, исправленные после нескольких наводящих вопросов преподавателя; при проверке знаний теоретического материала выявлена недостаточная сформированность основных умений и навыков. При оформлении курсовой работы допущены ошибки. |
| Неудовлетворительно | Не раскрыто основное содержание курсовой работы, обнаружено незнание или непонимание обучающимся большей или наиболее важной части учебного материала. При дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения курсовой работы.   |

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

| <i>№, наименование разделов дисциплины</i>  | <i>Кол-во часов</i> | <i>Компетенции</i> |            | <i>Σ комп.</i> | <i>t<sub>ср</sub>, час</i> | <i>Вид учебных занятий</i> | <i>Оценка результатов</i> |
|---|---------------------|--------------------|------------|----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
|   |                     | <i>ПСК</i>         |            |                |                            |                            |                           |
|   |                     | <i>2.7</i>         | <i>2.8</i> |                |                            |                            |                           |
| <b>1</b>  | <b>2</b>            | <b>3</b>           | <b>4</b>   | <b>6</b>       | <b>7</b>                   | <b>8</b>                   | <b>9</b>                  |
| <b>1.</b> Тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации.                                 | <b>4</b>            | +                  | +          | 2              | 2                          | Лк, СР                     | экзамен                   |
| <b>2.</b> Основные характеристики и технико-экономические показатели комплексной механизации строительства. | <b>10</b>           | +                  | +          | 2              | 5                          | Лк, ЛР, СР                 | экзамен                   |
| <b>3.</b> Организация работы парка строительных машин.  | <b>5</b>            | +                  | +          | 2              | 2,5                        | Лк, СР                     | экзамен                   |
| <b>4.</b> Организация строительного производства.   | <b>11</b>           | +                  | +          | 2              | 5,5                        | Лк, ПЗ, СР                 | экзамен                   |
| <b>5.</b> Области эффективного применения машин и выбор целесообразных вариантов механизации.               | <b>19</b>           | +                  | +          | 2              | 9,5                        | Лк, ЛР, ПЗ, СР             | экзамен                   |
| <b>6.</b> Комплексная механизация основных видов работ.   | <b>6</b>            | +                  | +          | 2              | 3                          | Лк, СР                     | экзамен, КР               |
| <b>7.</b> Содержание, модели и методы решения задач оптимального планирования механизации.                  | <b>19</b>           | +                  | +          | 2              | 9,5                        | Лк, ЛР, ПЗ, СР             | экзамен, КР               |
| <b>8.</b> Основы комплексной автоматизации строительства.   | <b>4</b>            | +                  | +          | 2              | 2                          | Лк, СР                     | экзамен, КР               |
| <b>9.</b> Основы механовооруженности строительства.   | <b>4</b>            | +                  | +          | 2              | 2                          | Лк, СР                     | экзамен, КР               |
| <b>10.</b> Расчет состава и структуры машинных парков.  | <b>8</b>            | +                  | +          | 2              | 4                          | Лк, СР                     | экзамен, КР               |
| <i>всего часов</i>  | <b>90</b>           | <b>45</b>          | <b>45</b>  | <b>2</b>       | <b>45</b>                  |                            |                           |

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Зеньков С.А. Выбор оптимальных решений в области механизации строительства: методические указания / С.А. Зеньков, В.А.Егоров – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009. – 72 с.
2. Зеньков С.А. Комплексная механизация строительства: методическое пособие / С.А.Зеньков, И.М. Ефремов, А.А.Батуро - Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2006. – 71с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| №                                | <i>Наименование издания</i>   | <i>Вид занятия</i> | <i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i> | <i>Обеспеченность, (экз./ чел.)</i> |
|----------------------------------|---|--------------------|---|-------------------------------------|
| <b>Основная литература</b>       |   |                    |   |                                     |
| 1.                               | Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация строительства : учебник / Е. М. Кудрявцев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : АСВ, 2013. - 464 с.  | Лк, КР, СР         | 5   | 0,2                                 |
| 2.                               | Вербицкий, Г. М. Комплексная механизация строительства [Электронный ресурс] : текст лекций / Г. М. Вербицкий . - Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского государственного ун-та, 2006. - 256 с. <a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Приобретенные%20издания/Вербицкий%20Г.М.%20Комплексная%20механизация%20строительства.2006.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Приобретенные%20издания/Вербицкий%20Г.М.%20Комплексная%20механизация%20строительства.2006.pdf</a> | Лк, СР             | ЭР  | 1                                   |
| <b>Дополнительная литература</b> |   |                    |   |                                     |
| 3.                               | Расчеты экономической эффективности новой техники : справочник / Под общ. ред. К. М. Великанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение.Ленингр.отд-ние, 1989. - 445 с. - ISBN 5-217-00414-2 : Б. ц.  | ЛР, СР             | 10  | 0,5                                 |
| 4.                               | Зеньков С.А. Комплексная механизация строительства: методическое пособие / С.А.Зеньков, И.М. Ефремов, А.А.Батуро, - Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2006. – 71с.  | ПЗ, КР, СР         | 51  | 1                                   |
| 5.                               | Зеньков С.А. Выбор оптимальных решений в области механизации строительства: методические указания / С.А. Зеньков, В.А.Егоров – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009. – 72 с.  | ПЗ, КР, СР         | 60  | 1                                   |
| 6.                               | Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация, автоматизация и механовооруженность строительства : учеб. для вузов / Е. М. Кудрявцев. - Москва : Стройиздат, 1989. - 246 с.  | ЛР, СР             | 24  | 1                                   |
| 7.                               | Евдокимов, В. А. Механизация и автоматизация строительного производства : учебное пособие для вузов / В. А. Евдокимов. - Ленинград : Стройиздат, 1985. - 295 с.   | ЛР, СР             | 96  | 1                                   |
| 8.                               | Технология, механизация и автоматизация строительства : учебник для вузов / Под ред. С. С. Атаева. - Москва: Высшая школа, 1990. - 591 с.   | ПЗ, СР             | 25  | 1                                   |

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ - <http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» - <http://e.lanbook.com>

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Работа на лекциях: ведение конспекта лекционного материала для успешного использования его при подготовке к зачету, экзамену, закрепления и расширения теоретических знаний. После проработки лекционного материала обучающийся должен четко владеть следующими аспектами по каждой лекции:

- знать тему;
- четко представлять план лекции;
- уметь выделять основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций.

Самостоятельная работа выполняет функцию закрепления, повторения изученного материала. Выполнение самостоятельной работы способствует углублению знаний и более успешному формированию умений и навыков, связанных с изучением конкретных тем.

Характер самостоятельной работы: решение задач, которые выполняются по заданию и при методическом руководстве преподавателя, а также без его непосредственного участия. Правильное выполнение заданий по самостоятельной работе развивает способности самостоятельно работать с информацией, используя учебную и научную литературу. Самостоятельная работа дисциплинирует обучающихся, развивает произвольное внимание и совершенствует навыки целесообразного восприятия.

Лабораторные и практические работы выполняются группами из 2-3 человек.

Отчеты по лабораторным и практическим работам должны содержать:

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Принципиальная схема работы лабораторной установки.
4. Поэтапное выполнение задания.
5. Заключение.

### **9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ, практических занятий.**

#### **Лабораторная работа № 1**

Тема: Расчет экономической эффективности новой техники

Цель работы: Научиться рассчитывать экономическую эффективность новой техники

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с основными положениями по определению экономической эффективности новой техники.
2. Рассчитать производительность базовой и новой машины.
3. Рассчитать капитальные вложения.
4. Рассчитать эксплуатационные затраты и себестоимость единицы работы.
5. Рассчитать экономическую эффективность новой техники.
6. Сделать вывод о целесообразности производства и эксплуатации новой техники. Если получен отрицательный экономический эффект, следует указать, за счет каких факторов (снижение оптовой цены, увеличение технической производительности и т. д.) может быть

достигнута эффективность применения новой техники.

Форма отчетности: отчет

Дополнительная литература:  
[3,6,7]

### **Лабораторная работа № 2**

Тема: Выбор оптимального комплекта оборудования

Цель работы: Приобрести навыки выбора комплекта оборудования

Задание: Выбрать оптимальный комплект оборудования

Порядок выполнения:

#### **1. Экономическая эффективность применения строительных и дорожных машин или их комплектов:**

1) раскрыть: – основные принципы и показатели эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин (СДМ), – взаимосвязь эффективности использования техники, приведенных затрат, текущих затрат (себестоимости эксплуатации техники);

2) в соответствии с поставленной задачей выбрать два варианта машин или комплектов машин, которыми возможно выполнить предлагаемый объем работ. В зависимости от того, какая машина принята за ведущую, комплексная механизация осуществляется различными способами. Выбранный тип ведущей машины определяет комплект вспомогательных машин. Например, транспортные средства при работе экскаватора. Выбор обосновывается техническими возможностями машин и целесообразными областями их применения.

#### **2. Расчет себестоимости выполнения заданного объема работ различными СДМ или их комплектами.**

2.1 Рассчитать время выполнения заданного объема работ.

2.2 Рассчитать себестоимость СМР

2.2.1 Рассчитать годовые затраты.

2.2.2 Рассчитать текущие эксплуатационные затраты.

а) Расчет зарплаты

б) Расчет затрат на текущий ремонт и текущее обслуживание.

в) Расчет затрат на топливо.

г) Расход электроэнергии

д) Затраты на масла, смазочные и вспомогательные материалы.

е) Затраты на сменную оснастку.

2.2.3 Единовременные затраты.

2.2.4 Накладные расходы.

#### **3. Определить Область эффективного применения СДМ или их комплектов.**

Форма отчетности: отчет

Дополнительная литература:  
[3,6,7]

### **Лабораторная работа № 3**

Тема: Симплекс метод (simplex.exe)

Цель работы: изучить симплекс метод. Научиться пользоваться онлайн-калькулятором для решения задач линейного программирования.

Порядок выполнения:

Данный онлайн калькулятор <http://matworld.ru/calculator/simplex-method-online.php> решает задачу линейного программирования симплекс методом. Дается подробное решение с пояснениями. Для решения задачи линейного программирования задайте количество ограничений и количество переменных. Затем введите данные в ячейки и нажимайте на кнопку "Вычислить".

Количество ограничений:  $m = 3$     
 Количество переменных :  $n = 3$

$F(X) =$    $x_1 +$    $x_2 +$    $x_3 \rightarrow$

$x_1 +$    $x_2 +$    $x_3 \leq$

$x_1 +$    $x_2 +$    $x_3 \leq$

$x_1 +$    $x_2 +$    $x_3 \leq$

$x_1, x_2, x_3 \geq 0$

Представление чисел:

- Целые числа и (или) Обыкновенные дроби
- Целые числа и (или) Десятичные дроби

**Инструкция ввода данных.** Числа вводятся в виде целых чисел (примеры: 487, 5, -7623 и т.д.), десятичных чисел (напр. 67., 102.54 и т.д.) или дробей. Дробь нужно набирать в виде  $a/b$ , где  $a$  и  $b$  ( $b > 0$ ) целые или десятичные числа. Примеры  $45/5$ ,  $6.6/76.4$ ,  $-7/6.7$  и т.д.

Симплекс метод – это метод решения задачи линейного программирования (ЗЛП). Суть метода заключается в нахождении начального допустимого плана, и в последующем улучшении плана до достижения максимального (или минимального) значения целевой функции в данном выпуклом многогранном множестве или выяснения неразрешимости задачи.

**Пример 1. Решить следующую задачу линейного программирования:**

$$2 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 \rightarrow \max$$

$$-2 \cdot x_1 + 6 \cdot x_2 + 1 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 = 40$$

$$3 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 1 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 = 28$$

$$2 \cdot x_1 - 1 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 + 1 \cdot x_5 = 14$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

Решение. Матрица коэффициентов  $A = \|a_{ij}\|$  системы уравнений имеет вид:

|    |    |   |   |   |
|----|----|---|---|---|
| -2 | 6  | 1 | 0 | 0 |
| 3  | 2  | 0 | 1 | 0 |
| 2  | -1 | 0 | 0 | 1 |

Правая часть ограничений системы уравнений имеет вид:

|    |
|----|
| 40 |
| 28 |
| 14 |

Составляем симплексную таблицу. В столбец  $x_0$  записывается правая часть ограничений. С правой стороны записывается матрица коэффициентов  $A$ . Последняя строка - это целевая функция, умноженная на  $-1$ . Последние три векторы столбцы образуют базис в

трехмерном пространстве. Следовательно, базисные переменные  $x_B = [x_3, x_4, x_5]^T$ , а

свободные переменные  $x_F = [x_1, x_2]^T$ :

| Базис | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $x_3$ | 40    | -2    | 6     | 1     | 0     | 0     |
| $x_4$ | 28    | 3     | 2     | 0     | 1     | 0     |
| $x_5$ | 14    | 2     | -1    | 0     | 0     | 1     |
|       | 0     | -2    | -3    | 0     | 0     | 0     |

Запишем текущий опорный план:

$$X = [0 \quad 0 \quad 40 \quad 28 \quad 14]$$

Данный опорный план не является оптимальным, так как в последней строке есть отрицательные элементы. Самый большой по модулю отрицательный элемент (-3), следовательно в базис входит вектор  $x_2$ . Определяем, какой вектор выходит из базиса. Для этого вычисляем  $\min(a_{i,0} / a_{i,2})$ , при  $a_{i,2} > 0, i=1, \dots, 3$ .  $\min(40:6, 28:2) = 20/3$  соответствует строке 1. Из базиса выходит вектор  $x_3$ . Сделаем исключение Гаусса для столбца  $x_2$ , учитывая, что ведущий элемент соответствует строке 1. Обнулیم все элементы этого столбца, кроме ведущего элемента. Для этого сложим строки строки 2, 3, 4 со строкой 1, умноженной на  $-1/3, 1/6, 1/2$ , соответственно. Далее делим строку с ведущим элементом на ведущий элемент.

Симплекс таблица примет следующий вид:

| Базис | $x_0$          | $x_1$          | $x_2$ | $x_3$          | $x_4$ | $x_5$ |
|-------|----------------|----------------|-------|----------------|-------|-------|
| $x_2$ | $\frac{20}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ | 1     | $\frac{1}{6}$  | 0     | 0     |
| $x_4$ | $\frac{44}{3}$ | $\frac{11}{3}$ | 0     | $-\frac{1}{3}$ | 1     | 0     |
| $x_5$ | $\frac{62}{3}$ | $\frac{5}{3}$  | 0     | $\frac{1}{6}$  | 0     | 1     |
|       | 20             | -3             | 0     | $\frac{1}{2}$  | 0     | 0     |

Запишем текущий опорный план:

$$X = \begin{bmatrix} 0 & \frac{20}{3} & 0 & \frac{44}{3} & \frac{62}{3} \end{bmatrix}$$

Данный опорный план не является оптимальным, так как в последней строке есть отрицательный элемент (-3), следовательно в базис входит вектор  $x_1$ . Определяем, какой вектор выходит из базиса. Для этого вычисляем  $\min(a_{i,0}/a_{i,1})$ , при  $a_{i,1} > 0, i=1, \dots, 3$ .  $\min(44/3:11/3, 62/3:5/3)=4$  соответствует строке 2. Из базиса выходит вектор  $x_4$ . Сделаем исключение Гаусса для столбца  $x_1$ , учитывая, что ведущий элемент соответствует строке 2. Обнулим все элементы этого столбца, кроме ведущего элемента. Для этого сложим строки строки 1, 3, 4 со строкой 2, умноженной на  $1/11, -5/11, 9/11$ , соответственно. Далее делим строку с ведущим элементом на ведущий элемент.

Симплекс таблица примет следующий вид:

| Базис | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$           | $x_4$           | $x_5$ |
|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-------|
| $x_2$ | 8     | 0     | 1     | $\frac{3}{22}$  | $\frac{1}{11}$  | 0     |
| $x_1$ | 4     | 1     | 0     | $-\frac{1}{11}$ | $\frac{3}{11}$  | 0     |
| $x_5$ | 14    | 0     | 0     | $\frac{7}{22}$  | $-\frac{5}{11}$ | 1     |
|       | 32    | 0     | 0     | $\frac{5}{22}$  | $\frac{9}{11}$  | 0     |

Запишем текущий опорный план:

$$X = \begin{bmatrix} 4 & 8 & 0 & 0 & 14 \end{bmatrix}$$

Текущий опорный план является оптимальным, так как в строках 4 под переменными  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  нет отрицательных элементов.

Решение можно записать так:  $x_1 = 4, x_2 = 8, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 14$ .

Значение целевой функции в данной точке:  $F(X) = 2 \cdot 4 + 3 \cdot 8 + 0 \cdot 0 + 0 \cdot 0 + 0 \cdot 14 = 32$ .

Форма отчетности: отчет

Дополнительная литература  
[3,6,7]

#### Лабораторная работа № 4

Тема: Транспортная задача (trans.exe)

Цель работы: решить транспортную задачу в программной системе

Порядок выполнения:

Данная лабораторная работа решается в программной системе <http://matworld.ru/calculator/transportnaya-zadacha-online.php>

Программная система предназначена для ускорения процесса обучения студентов решению транспортных задач. Она может применяться также преподавателями для контроля знаний студентов по данной теме. В программе применяется автоматизированный алгоритм

обучения решению транспортных задач, описанный ниже:

1. Показать, какую модель имеет транспортная задача – открытую или закрытую. Объяснить почему. Продемонстрировать, если нужно, приведение открытой модели задачи к закрытой.

2. Найти опорный план.

3. Показать целевую функцию.

4. Если задача решается распределительным методом, то перейти к пункту 6.

а) Объяснить, как находятся потенциалы. Найти потенциалы

б) Показать, как находятся оценки при решении задачи методом потенциалов.

Определить оценки для всех свободных клеток таблицы.

в) Перейти к пункту 7.

1. Объяснить, как находятся оценки при решении задачи распределительным методом. Найти оценки для всех свободных клеток таблицы.

2. Если все оценки не отрицательны, то завершить процесс решения транспортной задачи.

3. Если есть отрицательные оценки, то указать наиболее перспективную оценку и соответствующую ей клетку таблицы.

4. Построить и отобразить цикл для клетки таблицы с наиболее перспективной оценкой.

5. Показать перемещение груза по циклу.

6. Показать значение целевой функции для только что полученного плана. Сравнить ее текущее значение с предыдущим, прокомментировать изменение.

Кроме того, во время работы программы (в частности, во время просмотра результатов решения транспортной задачи) пользователь может получить дополнительные сведения по теоретическому материалу, относящемуся к транспортной задаче, воспользовавшись файлом справки, который можно просмотреть, нажав клавишу F1. В нем даны определения таких терминов, как «цикл», «опорный план», «оптимальный план» и др., содержится описание методик нахождения опорного плана и решения транспортных задач различными методами с приведением примеров, а также другая информация, относящаяся к транспортной задаче.

Форма отчетности: отчет

Дополнительная литература  
[3,6,7]

### **Практическая работа №1.**

Тема: Формирование неритмичного потока комплексно-механизированных строительных работ.

Задание: Производится укладка бетонной полосы комплектом машин для скоростного строительства автомобильных дорог. Виды работ и требуемые средства механизации [6] приведены в табл. 1.

Таблица 1- Виды работ и требуемые средства механизации

| Виды работ                      | Наличие средств механизации | Производительность    | Ширина захвата, м |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Профилирование основания дороги | Профилировщик               | 120 м <sup>3</sup> /ч | 8,5               |
| Распределение бетона            | Бетонораспределитель        | 240 м <sup>3</sup> /ч | 7,5               |
| Укладка и уплотнение бетона     | Бетоноукладчик              | 120 м/ч               | 7,5               |
| Отделка бетона                  | Трубчатый финишер           | 1 500 м/смену         | 7,5               |
| Нарезка продольных швов         | Нарезчик швов               | 100 м/ч               |                   |

Параметры участков: их длина, толщина снимаемого профилировщиком основания грунта и толщина укладываемого бетонораспределителем и бетоноукладчиком бетона выбираются из табл. 2 по указанному преподавателем варианту. Требуется сформировать и рассчитать неритмичный поток комплексно-механизированных строительных работ и оптимизировать его по критерию времени.

Порядок выполнения работы:

Расчет неритмичного потока любого типа выполняется в следующей последовательности [6, 7]: 1) разбивка общего фронта работ на ряд частных объектов – частные фронты работ; 2) разделение комплекса работ на отдельные виды работ – частные потоки; 3) расчет необходимой продолжительности частных потоков на частных фронтах; 4) расчет матрично-сетевой модели потока; 5) оптимизация потока по критерию времени за счет установления рациональной очередности освоения частных фронтов.

Таблица 2- Параметры участков

| Вариант № | Номера участков    |    |    |    |    |    | Толщина снимаемого грунта, см | Толщина укладываемого бетона, см |
|-----------|--------------------|----|----|----|----|----|-------------------------------|----------------------------------|
|           | 1                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |                               |                                  |
|           | Длина участков, км |    |    |    |    |    |                               |                                  |
| 1         | 4                  | 2  | 3  | 6  | 5  | 2  | 10                            | 30                               |
| 2         | 3                  | 4  | 5  | 4  | 7  | 2  | 15                            | 30                               |
| 3         | 5                  | 3  | 2  | 4  | 6  | 3  | 20                            | 30                               |
| 4         | 7                  | 6  | 4  | 8  | 3  | 5  | 10                            | 35                               |
| 5         | 10                 | 12 | 14 | 11 | 13 | 8  | 15                            | 35                               |
| 6         | 5                  | 7  | 8  | 6  | 10 | 4  | 20                            | 35                               |
| 7         | 7                  | 5  | 6  | 12 | 4  | 8  | 10                            | 40                               |
| 8         | 8                  | 4  | 12 | 3  | 11 | 5  | 15                            | 40                               |
| 9         | 12                 | 11 | 6  | 7  | 10 | 3  | 20                            | 40                               |
| 10        | 4                  | 6  | 8  | 7  | 11 | 9  | 15                            | 30                               |
| 11        | 3                  | 4  | 8  | 7  | 11 | 9  | 15                            | 30                               |
| 12        | 4                  | 7  | 11 | 9  | 8  | 6  | 20                            | 30                               |
| 13        | 7                  | 11 | 9  | 8  | 10 | 5  | 10                            | 35                               |
| 14        | 8                  | 9  | 5  | 3  | 4  | 6  | 15                            | 35                               |
| 15        | 8                  | 6  | 7  | 6  | 11 | 9  | 20                            | 35                               |
| 16        | 9                  | 11 | 4  | 5  | 7  | 8  | 10                            | 40                               |
| 17        | 10                 | 8  | 7  | 6  | 4  | 5  | 15                            | 40                               |
| 18        | 9                  | 11 | 6  | 4  | 7  | 9  | 20                            | 40                               |
| 19        | 10                 | 12 | 4  | 6  | 9  | 11 | 10                            | 30                               |
| 20        | 4                  | 7  | 11 | 9  | 8  | 7  | 15                            | 30                               |
| 21        | 5                  | 10 | 8  | 6  | 5  | 11 | 20                            | 30                               |
| 22        | 12                 | 10 | 8  | 10 | 14 | 6  | 25                            | 35                               |
| 23        | 10                 | 12 | 8  | 14 | 11 | 9  | 20                            | 40                               |
| 24        | 8                  | 9  | 11 | 10 | 13 | 6  | 15                            | 30                               |
| 25        | 6                  | 8  | 4  | 10 | 9  | 7  | 20                            | 30                               |
| 26        | 4                  | 5  | 9  | 8  | 10 | 12 | 25                            | 35                               |
| 27        | 12                 | 10 | 8  | 11 | 13 | 9  | 30                            | 40                               |
| 28        | 10                 | 8  | 9  | 11 | 13 | 12 | 20                            | 30                               |
| 29        | 8                  | 10 | 13 | 6  | 11 | 8  | 25                            | 35                               |
| 30        | 9                  | 8  | 10 | 12 | 11 | 9  | 30                            | 40                               |

Разбивка общего фронта работ на ряд частных фронтов производится исходя из технологических условий. Размеры частных фронтов определяются исходя из численности ведущих средств механизации (машин) и их оптимальных фронтов работы. Объемы работ на отдельных частных фронтах, как правило, различны. Разделение комплекса работ на частные потоки производится из условия, что каждый частный поток состоит из таких видов работ, которые могут с достаточной эффективностью совместно выполняться на одном и том же частном фронте одним комплектом машин. В качестве ведущего частного потока принимается наиболее трудоемкий вид работ, выполняемый наиболее мощными и производительными машинами. При любом виде неритмичного потока, то есть не только для потоков с непрерывным использованием ресурсов, но и потоков с непрерывным освоением частных фронтов и потоков с критическими путями, ведущий частный поток должен обладать непрерывностью занятости машин при переходе с одного частного фронта на другой. Расчет необходимой продолжительности работ на частных фронтах устанавливается исходя из эксплуатационной производительности машин и объемов работ на частных фронтах. Методы расчета матрично-сетевой модели и оптимизации потока по критерию времени различны для различных типов неритмичных потоков.

### Основные определения поточного метода организации комплексно-механизированных строительных работ.

Сущность поточного метода заключается в одновременном, параллельном выполнении на различных участках объекта строительства всех процессов, входящих в комплекс работ. В гражданском и промышленном строительстве поточно- скоростные методы организации работ применяются при наличии следующих условий:

- 1) комплексного строительства ряда однородных сооружений;
- 2) широкой индустриализации строительства, основанной на применении сборных конструкций и монтажных работ;
- 3) комплексной механизации строительных процессов. В дорожном строительстве поточно-скоростные методы получили наибольшее распространение при сооружении автомобильных дорог с капитальными покрытиями. При поточном строительстве объект работ делится на частные фронты (захватки), а комплекс работ – на частные потоки (виды работ).

Календарный период строительства объекта поточным методом делится на три части:

- 1) процесс постепенно включаются составляющие его частные потоки;
- 2) период установившегося потока, в течение которого функционируют все частные потоки;
- 3) период свертывания потока, в течение которого из строительного процесса постепенно выключаются частные потоки.

Наиболее общим и часто встречаемым видом строительных потоков являются неритмичные потоки. В неритмичных потоках продолжительность различных видов работ, выполняемых на одном частном фронте, различна. Кроме того, как правило, различной является также и продолжительность однотипных работ, выполняемых на различных фронтах. В зависимости от требуемых условий организации строительных работ неритмичные потоки могут быть следующих типов: 1) с непрерывным использованием ресурсов; 2) с непрерывным освоением частных фронтов; 3) с критическими путями. Неритмичные потоки с непрерывным использованием ресурсов формируются в условиях высокой механовооруженности работ. При данном методе формирования потока полностью отсутствуют простои средств механизации и рабочей силы. Комплект машин, выполняющий тот или иной вид работ, закончив работы на одном частном фронте, немедленно переходит на следующий частный фронт. Неритмичные потоки с непрерывным освоением частных фронтов формируются исходя из условий непрерывности производства работ на каждом частном фронте. Неритмичные потоки с критическими путями дают возможность установления наиболее краткой продолжительности поточных работ. При этом методе формировании потока возможны, однако, кратковременные простои строительных машин. В условиях комплексной механизации строительных процессов наиболее частое применение находят неритмичные потоки с непрерывным использованием ресурсов. Потоки с критическими путями формируются при необходимости наибольшего сокращения длительности работ.

### Формирование и расчет неритмичных потоков с непрерывным использованием ресурсов

После разбивки общего фронта работ на частные фронты и разделения комплекса работ на частные потоки производится расчет продолжительности работ на отдельных частных фронтах. Полученные данные о требуемой продолжительности работ заносятся в матрицу формирования потока (табл. 3). Матрицы формирования потока могут быть составлены в системе ОФР и в системе ОВР. В строках матрицы указываются частные фронты, а в столбцах – частные потоки. При формировании матрицы в системе ОВР в строках матрицы записываются частные потоки, а в столбцах - частные фронты. Перевод матриц из системы ОФР в систему ОВР (или наоборот) осуществляется путем их транспонирования.

Таблица 3- Матрица формирования потока

| Частные фронты | Частные потоки |               |               |     |               |               |               |
|----------------|----------------|---------------|---------------|-----|---------------|---------------|---------------|
|                | А              | Б             | В             | ... | Ж             | И             | З             |
| 1              | $t_{1А}$       | $t_{1Б}$      | $t_{1В}$      | ... | $t_{1Ж}$      | $t_{1И}$      | $t_{1З}$      |
| 2              | $t_{2А}$       | $t_{2Б}$      | $t_{2В}$      | ... | $t_{2Ж}$      | $t_{2И}$      | $t_{2З}$      |
| ...            | ...            | ...           | ...           | ... | ...           | ...           | ...           |
| $i$            | $t_{iА}$       | $t_{iБ}$      | $t_{iВ}$      | ... | $t_{iЖ}$      | $t_{iИ}$      | $t_{iЗ}$      |
| ...            | ...            | ...           | ...           | ... | ...           | ...           | ...           |
| $n$            | $t_{nА}$       | $t_{nБ}$      | $t_{nВ}$      | ... | $t_{nЖ}$      | $t_{nИ}$      | $t_{nЗ}$      |
|                | $\sum t_{iА}$  | $\sum t_{iБ}$ | $\sum t_{iВ}$ | ... | $\sum t_{iЖ}$ | $\sum t_{iИ}$ | $\sum t_{iЗ}$ |

Элементами матрицы служат продолжительности частных потоков на частных фронтах.

В нижней строке матрицы подсчитываются продолжительности каждого частного потока. В матрицу заносятся также значения периодов развертывания каждого частного потока по отношению к предыдущему. Периодом развертывания частного потока называется время, через которое могут быть начаты работы данного потока после начала работ предыдущего потока. Периоды развертывания частных потоков по отношению к предыдущим определяются отдельно для каждого частного фронта:

$$T_{\text{расч}} = \left(\frac{Б}{А}\right), T_{\text{расч}} = \left(\frac{В}{Б}\right), T_{\text{расч}} = \left(\frac{И}{Ж}\right), T_{\text{расч}} = \left(\frac{З}{И}\right).$$

В качестве расчетного периода развертывания берется максимальное значение из числа вычисленных по всем частным фронтам:

$$T_{\text{расч}} \left(\frac{Б}{А}\right) = \max T_{\text{разв}} \left(\frac{Б}{А}\right); T_{\text{расч}} \left(\frac{З}{И}\right) = \max T_{\text{разв}} \left(\frac{З}{И}\right).$$

Расчет продолжительности периода развертывания на каждом частном фронте производится по формулам (табл. 4). Общая продолжительность комплекса поточных работ определяется по формуле

$$T_{\text{общ}} = \sum_{\left(\frac{З}{И}\right)}^{\left(\frac{З}{И}\right)} T_{\text{расч}} + T_{\text{закл}},$$

где  $T_{\text{закл}}$  - сумма продолжительностей работ в последнем частном потоке. В заключение в соответствии с данными матрицы формирования строится сетевой календарный график производства поточных работ. Оптимизация потока по параметру времени производится за счет рациональной очередности освоения частных фронтов, позволяющей уменьшить суммарное значение периодов развертывания.

Таблица 4 – Расчет продолжительности периодов развертывания

| Частные фронты | Продолжительность                            |  |
|----------------|--|--|
|                | $T_{\text{разв}} = \left(\frac{Б}{А}\right)$ | $T_{\text{разв}} = \left(\frac{З}{И}\right)$ |
| 1              | $t_{1А}$                                     | $t_{1И}$                                     |
| 2              | $t_{1А} + t_{2А} - t_{1Б}$                   | $t_{1И} + t_{2И} - t_{1З}$                   |
| ...            | ...  | ...  |
| $i$            | $\sum_1^i t_{iА} - \sum_1^{i-1} t_{iБ}$      | $\sum_1^i t_{iИ} - \sum_1^{i-1} t_{iЗ}$      |
| ...            | ...  | ...  |
| $n$            | $\sum_1^n t_{iА} - \sum_1^{n-1} t_{iБ}$      | $\sum_1^n t_{iИ} - \sum_1^{n-1} t_{iЗ}$      |

Расчет оптимизации производится по алгоритму Афанасьева- Джонсона. В основу расчета положено правило Джонсона (1954 г), позволяющее выбирать рациональную очередность освоения частных фронтов для двухстолбцовой матрицы, описывающей

$$M_{\text{вск}} = \begin{pmatrix} t_{11}t_{12} \\ t_{21}t_{22} \\ \dots \\ t_{n1}t_{n2} \end{pmatrix}.$$

В исходной матрице поочередно рассматриваются все ее строки, и выявляется работа с наименьшей продолжительностью. Если работа с минимальной продолжительностью расположена в первом столбце матрицы, то эта строка переносится на первое место и в дальнейшем не рассматривается. Если работа с минимальной продолжительностью расположена во втором столбце, то вся строка, содержащая эту работу, переносится на последнее место и также в дальнейшем не рассматривается. Затем эта операция производится с оставшимися строками до полного перестроения исходной матрицы в оптимальную.

Профессором В.А. Афанасьевым (ЛИСИ) в развитие алгоритма Джонсона предложен алгоритм, позволяющий выбрать рациональную очередность освоения частных фронтов для неритмичного потока с непрерывным использованием ресурсов, состоящего из любого числа частных потоков.

Алгоритм Афанасьева-Джонсона имеет следующую последовательность расчетов:

1. Исходная матрица из  $\mu$  частных потоков разбивается на  $\mu - 1$  парных подматриц.
2. Каждая из парных подматриц оптимизируется по правилу Джонсона.
3. Каждая из оптимизированных подматриц поочередно принимается за генеральную, по которой переформируется исходная матрица таким образом, что для всех ее столбцов принимается последовательность освоения, указанная в оптимизированной подматрице.
4. Для каждого варианта формирования рассчитываются периоды развертывания всех частных потоков. Минимальное значение суммы периодов развертывания будет соответствовать оптимальному варианту очередности освоения частных фронтов. В соответствии с оптимизированным вариантом матрицы формирования потока вновь строится сетевой календарный график производства поточных работ.

#### Формирование и расчет неритмичных потоков с критическими путями

При необходимости производства работ в наиболее сжатые сроки формирование потока выполняется методами сетевого планирования.

Расчет потока в этом случае состоит из двух этапов:

- 1) составляется матрично-сетевая модель потока;
- 2) производится оптимизация потока, по параметру времени исходя из условия рациональной очередности освоения частных фронтов.

Матрица формирования потока записывается в развернутой форме (табл. 5), при которой каждая клетка матрицы разбивается на шесть прямоугольников, в которых указываются:

- 1) в левом верхнем углу – продолжительность работы  $t_{ij}$ ;
- 2) в правом верхнем углу – полный резерв времени работы  $R_{n_{ij}}$ ;
- 3) в левом среднем прямоугольнике – ранние сроки выполнения работы  $T_{P_{ij}}$ ;
- 4) в правом нижнем углу – поздние сроки выполнения работы  $T_{П_{ij}}$ .

Таблица 5 – Развернутая матрица формирования потока

| Частные фронты | Частные потоки |              |              |              |              |              |
|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                | А              |              | Б            |              | В            |              |
| 1              | $t_{1A}$       | $R_{n_{1A}}$ | $t_{1B}$     | $R_{n_{1B}}$ | $t_{1B}$     | $R_{n_{1B}}$ |
|                | $T_{P_{1A}}$   |              | $T_{P_{1B}}$ |              | $T_{P_{1B}}$ |              |
|                |                | $T_{n_{1A}}$ |              | $T_{n_{1B}}$ |              | $T_{n_{1B}}$ |
| 2              | $t_{2A}$       | $R_{n_{2A}}$ | $t_{2B}$     | $R_{n_{2B}}$ | $t_{2B}$     | $R_{n_{2B}}$ |
|                | $T_{P_{2A}}$   |              | $T_{P_{2B}}$ |              | $T_{P_{2B}}$ |              |
|                |                | $T_{n_{2A}}$ |              | $T_{n_{2B}}$ |              | $T_{n_{2B}}$ |
| 3              | $t_{3A}$       | $R_{n_{3A}}$ | $t_{3B}$     | $R_{n_{3B}}$ | $t_{3B}$     | $R_{n_{3B}}$ |
|                | $T_{P_{3A}}$   |              | $T_{P_{3B}}$ |              | $T_{P_{3B}}$ |              |
|                |                | $T_{n_{3A}}$ |              | $T_{n_{3B}}$ |              | $T_{n_{3B}}$ |

Заполнение матрицы формирования потока производится в последовательности, содержащей восемь этапов.

**Этап 1.** В клетках матрицы выписываются продолжительности всех работ.

**Этап 2.** Подсчитываются ранние сроки выполнения работ первого частного потока на всех частных фронтах. В связи с отсутствием предшествующих работ комплект машин, выполняющих 50 работы первого частного потока, закончив работу на одном фронте, может немедленно переходить на следующий.

**Этап 3.** Подсчитываются ранние сроки выполнения комплекса работ на первом частном фронте. Работы на первом частном фронте производятся непрерывно, после окончания работ какого-то частного потока немедленно начинают выполняться работы следующего частного потока.

**Этап 4.** Подсчитываются ранние сроки выполнения всех остальных работ. Ранний срок начала каждой работы определяется как максимальный из ранних сроков окончания предшествующей работы того же вида и работы предшествующего потока, выполнявшейся на том же частном фронте.

**Этап 5.** Подсчитываются поздние сроки выполнения работ, входящих в последний частный поток и в комплекс работ на последнем частном фронте. Так как в соответствии с правилами сетевого планирования поздний срок завершающей работы последнего частного потока на последнем частном фронте совпадает с ранним сроком ее выполнения, то комплект машин, выполняющих работы последнего частного потока, переходит непрерывно с фронта на фронт; аналогично выполняются непрерывно и разнородные работы на последнем частном фронте.

**Этап 6.** Подсчитываются поздние сроки выполнения всех остальных работ. Поздний срок окончания каждой работы определяется как минимальный из поздних сроков начала последующей работы того же вида и работы последующего потока, выполняемой на том же частном фронте.

**Этап 7.** Определяются полные резервы работ как разность между поздним и ранним началом каждой работы.

**Этап 8.** Выявляются критические работы как работы с нулевым резервом времени. На матрице формирования потока производится разметка критического пути. После заполнения матрицы производится построение сетевого календарного графика поточных работ. В первую очередь на графике размечается критический путь. Все остальные работы заносятся на график по ранним, поздним или любым промежуточным срокам исходя из условия желательной непрерывности использования ресурсов. Особое внимание уделяется условию отсутствия простоев у комплекта машин, выполняющих работы ведущего частного потока. Оптимизация потока с критическим путем по параметру времени производится за счет

установления рациональной очередности освоения частных фронтов. В исходной матрице продолжительности работ (табл. 6) подсчитывается суммарная продолжительность частных потоков и комплексов работ на частных фронтах.

Таблица 6 – Продолжительность частных потоков и комплексов работ

| Частные фронты | Частные потоки |              |              |              |              |
|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                | А              | Б            | В            | Г            | $\Sigma$     |
| 1              | $t_{1A}$       | $t_{1B}$     | $t_{1B}$     | $t_{1Г}$     | $\Sigma t_1$ |
| 2              | $t_{2A}$       | $t_{2B}$     | $t_{2B}$     | $t_{2Г}$     | $\Sigma t_2$ |
| 3              | $t_{3A}$       | $t_{3B}$     | $t_{3B}$     | $t_{3Г}$     | $\Sigma t_3$ |
| 4              | $t_{4A}$       | $t_{4B}$     | $t_{4B}$     | $t_{4Г}$     | $\Sigma t_4$ |
| $\Sigma$       | $\Sigma t_A$   | $\Sigma t_B$ | $\Sigma t_B$ | $\Sigma t_G$ |              |

При этом могут быть три основных случая:

1. Максимальная продолжительность работ соответствует первому частному потоку.
2. Максимальная продолжительность работ соответствует последнему частному потоку.
3. Максимальная продолжительность работ соответствует одному из промежуточных частных потоков.

Частный поток, имеющий наибольшую продолжительность, называется основным потоком. Комплекс работ на каком-либо частном фронте, обладающий наибольшей продолжительностью, называется основным комплексом. В случае 1, когда максимальная продолжительность работ соответствует первому частному потоку, частный фронт, для выполнения работ на котором необходимо минимальное время (не считая работы, входящей в основной частный поток), ставится в исходной матрице на последнее место. В случае 2, когда максимальная продолжительность работ соответствует последнему частному потоку, частный фронт, для выполнения работ на котором необходимо минимальное время (не считая работы, входящей в основной частный поток), ставится в исходной матрице на первое место. В случае 3, когда максимальная продолжительность работ соответствует одному из промежуточных частных потоков, частный фронт с минимальными предшествующими работами ставится на первое место. Частный фронт с минимальными последующими работами ставится на последнее место. В соответствии с произведенными перестановками вновь составляется развернутая матрица формирования потока, определяется общая продолжительность работ и строится заново сетевой календарный график потока. Все вычисления по расчету и формированию потоков могут быть выполнены с помощью калькуляторов или при большом числе частных потоков и частных фронтов с помощью ЭВМ по стандартным программам.

Форма отчетности: отчет

Дополнительная литература  
[4,5,8]

### **Практическая работа №2.**

Тема: Выбор типа скреперов и формирование рабочих отрядов скрепер-толкач.

Цель работы: Научиться методами выбора типа скрепера и формирования рабочих отрядов скрепер-толкач.

Постановка задачи и исходные данные

Закрепить знания о возможных областях применения прицепных и самоходных скреперов и приобрести практические навыки для решения конкретных задач по оптимальному подбору скреперов и формированию отрядов «скреперы–толкач» для работы в заданных условиях эксплуатации. Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 7

Таблица 7 – Исходные данные

| Вариант № | Участок набора                  |  | Путь транспортирования                 |                                   |                         |
|-----------|---------------------------------|--|--|-----------------------------------|-------------------------|
|           | Тип грунта                      | Объемный вес $\gamma$ , т/м <sup>3</sup> | Длина в одном направлении $L_{тр}$ , м | Поверхность                       | Максимальные уклоны $i$ |
| 1         | 2                               | 3  | 4                                      | 5                                 | 6                       |
| 1         | Суглинок II кат.                | 1,75                                     | 200                                    | Суглинок естественной влажности   | 0,05                    |
| 2         | То же                           | 1,75                                     | 200                                    | То же                             | 0,12                    |
| 3         | --/--                           | 1,75                                     | 800                                    | --/--                             | 0,12                    |
| 4         | Супесь II кат.                  | 1,85                                     | 400                                    | Супесь естественной влажности     | 0,05                    |
| 5         | То же                           | 1,85                                     | 600                                    | То же                             | 0,05                    |
| 6         | Суглинок мягкий I кат.          | 1,70                                     | 3 000                                  | Шоссе                             | 0,07                    |
| 7         | То же                           | 1,70                                     | 3 000                                  | Слабоуплотненный суглинок         | 0,10                    |
| 8         | Супесь I кат.                   | 1,75                                     | 450                                    | Гравийная дорога с песком         | 0,03                    |
| 9         | То же                           | 1,75                                     | 900                                    | То же                             | 0,03                    |
| 10        | Глина мягкая II кат.            | 1,80                                     | 2 500                                  | Асфальт                           | 0,10                    |
| 11        | То же                           | 1,80                                     | 2 500                                  | Бетон                             | 0,10                    |
| 12        | --/--                           | 1,80                                     | 2 500                                  | То же                             | 0,16                    |
| 13        | Лесс мяг-                       | 1,60                                     | 4 000                                  | Асфальт                           | 0,03                    |
| 14        | Лесс отвердевший II кат.        | 1,80                                     | 4 000                                  | Слабоуплотненный насыпной лесс    | 0,06                    |
| 15        | То же                           | 1,80                                     | 4 000                                  | То же                             | 0,13                    |
| 16        | Чернозём отвердевший II кат.    | 1,20                                     | 2 000                                  | Укатанная чернозёмная дорога      | 0,06                    |
| 17        | То же                           | 1,20                                     | 2 000                                  | То же                             | 0,15                    |
| 18        | Грунт растительного слоя I кат. | 1,20                                     | 1 500                                  | Мягкий грунт с растительным слоем | 0,10                    |
| 19        | То же                           | 1,20                                     | 350                                    | То же                             | 0,02                    |
| 20        | Песок II кат.                   | 1,60                                     | 1 000                                  | Влажный рыхлый песок              | 0,03                    |
| 21        | Песок I кат.                    | 1,40                                     | 900                                    | То же                             | 0,10                    |
| 22        | То же                           | 1,40                                     | 400                                    | Укатанная песчаная дорога         | 0,02                    |
| 23        | Глина мягкая II кат.            | 1,80                                     | 3 000                                  | Асфальт                           | 0,10                    |
| 24        | То же                           | 1,80                                     | 3 500                                  | Бетон                             | 0,10                    |
| 25        | --/--                           | 1,80                                     | 4 000                                  | Асфальт                           | 0,12                    |
| 26        | Суглинок II кат.                | 1,75                                     | 400                                    | Суглинок естественной влажности   | 0,06                    |
| 27        | То же                           | 1,75                                     | 400                                    | То же                             | 0,14                    |
| 28        | --/--                           | 1,75                                     | 1 000                                  | --/--                             | 0,14                    |
| 29        | Супесь II кат.                  | 1,85                                     | 600                                    | Супесь естественной влажности     | 0,06                    |
| 30        | То же                           | 1,85                                     | 800                                    | То же                             | 0,06                    |

Условия выполнения работ скреперами

При выборе типов скреперов и организации их работы предполагается следующее:

1) скреперы выполняют типичную работу: набор грунта в ковш, транспортирование его на заданное расстояние  $L_{тр}$  и отсыпка слоем максимально возможной толщины;

2) набор грунта в ковш на участке набора производится с использованием толкача (в качестве толкачей используются серийно выпускаемые бульдозеры соответствующего тягового класса);

3) самогружающиеся скреперы (с элеваторной загрузкой, двухмоторные) применения толкачей не требуют;

4) объём работ на строительном объекте достаточно большой и не ограничивает количество используемых скреперов;

5) имеется возможность свободного выбора скреперов различных марок в пределах, перечисленных в табл. 8-14

Таблица 8 – Техничко-эксплуатационные характеристики скреперов

| Показатели  | Марка скрепера                                    |   |  |                                       |
|---|---|---|--|---------------------------------------|
|   | ДЗ-111А   | ДЗ-172.1                                    | ДЗ-77А   | ДЗ-33                                 |
| Емкость ковша, м <sup>3</sup> :<br>геометрическая<br>с «шапкой»   | 4,5<br>6,0  | 8,8<br>11                                   | 8,8  | 3,0<br>3,5                            |
| Тип скрепера  | Прицепной к гусеничному трактору                  |   |  |                                       |
| Марка трактора-тягача   | Т-4АП2  | Т-170.01                                    | Т-130  | ДТ-75М-С2                             |
| Мощность двигателя, л.с.  | 130   | 166   | 157  | 78                                    |
| Способ загрузки ковша   | Силой тяги трактора и толкача                     |   |  |                                       |
| Способ разгрузки ковша  | Принудительный                                    |   |  |                                       |
| Глубина резания при<br>наборе максимальная, мм  | 130   | 170   | 350  | 100                                   |
| Ширина захвата, мм  | 2 430   | 2 754                                       | 2 580  | 2 100                                 |
| Масса:<br>без трактора, кг<br>с трактором, кг (тягач)   | 4 360<br>12 880                                   | 25 205                                      | 9 800  | 2 750                                 |
| Максимальная толщина<br>слоя отсыпки, мм  | 400   | 400   | 500  | 340                                   |
| Скорости движения, км/ч:<br>при загрузке (наборе)<br>груженого (мах)<br>при разгрузке<br>порожного хода | 2,89<br>4,68...7,04<br>2,89...4,68<br>7,37...9,52 | 2,9<br>6,4...8,7<br>3,2...7,5<br>8,7...12,0 | 2,42...3,5<br>6,48<br>3,84...4,46<br>7,0...7,5 | 5,1<br>6,5...7,1<br>5,1<br>7,1...10,8 |
| Ориентировочная стои-<br>мость машино-смены,<br>руб./см   | 3 500   | 4 200                                       | 3 900  | 4 000                                 |
| Бульдозер-толкач  | ДЗ-42<br>(Д-606)                                  | ДЗ-27<br>(Д-532)                            | ДЗ-27<br>(Д-532)                               | ДЗ-42<br>(Д-606)                      |
| Ориентировочная стои-<br>мость машино-смены,<br>руб./см   | 2 800   | –   | 3 800  | 2 800                                 |

Таблица 9 – Техничко-эксплуатационные характеристики скреперов

| Показатели  | Марка скрепера                                 |   |                           |                           |
|---|--|---|---------------------------|---------------------------|
|   | ДЗ-77-2  | ДЗ-79   | ДЗ-161                    | ДЗ-137                    |
| Емкость ковша, м <sup>3</sup> :<br>геометрическая<br>с «шапкой»   | 8,0  | 15,6<br>20,5  | 16,0<br>23,0              | 25,0<br>33,6              |
| Тип скрепера  | Прицепной к гусеничному трактору               |   |                           |                           |
| Марка трактора-тягача   | Т-130-1  | Т-330   | Т-25                      | Т-500                     |
| Мощность двигателя, л.с.  | 157  | 362   | 364                       | 490                       |
| Способ загрузки ковша   | Силой тяги трактора и толкача                  |   |                           |                           |
| Способ разгрузки ковша  | Принудительный                                 |   |                           |                           |
| Глубина резания<br>при наборе (мах), мм   | 150  | 200   | 200                       | 250                       |
| Ширина захвата, мм  | 2 750  | 3 040   | 3 430                     | 3 550                     |
| Масса:<br>без трактора, кг<br>с трактором, кг<br>(тягач)  | 9 900  | 18 300  | 20 000                    | 30 000                    |
| Максимальная толщина<br>слоя отсыпки, мм  | 400  | 500   | 500                       | 550                       |
| Скорости движения, км/ч:<br>при загрузке (наборе)<br>груженого (мах)<br>при разгрузке<br>порожного хода | 2,42...3,5<br>6,48<br>3,84...4,46<br>7,0...7,5 | 0,0...3,6<br>6,6...10,6<br>3,6...6,6<br>10,6...12,6 | 4,1<br>7,5<br>4,0<br>12,5 | 4,1<br>7,1<br>4,1<br>13,0 |
| Ориентировочная стои-<br>мость машино-смены,<br>руб./см   | 3 900  | 11 200  | 11 900                    | 14 800                    |
| Бульдозер-толкач  | ДЗ-27<br>(Д-532)                               | –   | –                         | –                         |
| Ориентировочная стои-<br>мость машино-смены,<br>руб./см   | 3 800  | –   | –                         | –                         |

Таблица 10 – Техничко-эксплуатационные характеристики скреперов

| Показатели   | Марка скрепера                     |                                   |                                  |                                  |                                  |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|  | ДЗ-149-5                           | ДЗ-11П                            | МоАЗ-6014                        | МоАЗ-60148                       | МоАЗ-60071                       |
| 1  | 2                                  | 3                                 | 4                                | 5                                | 6                                |
| Емкость ковша, м <sup>3</sup> :<br>геометрическая<br>с «шапкой»  | 8,8<br>11,0                        | 8,0<br>11,0                       | 8,3<br>11,0                      | 8,3<br>11,5                      | 10,0<br>14,0                     |
| Тип скрепера   | Прицепн.<br>к гусенич.<br>трактору | Прицепн.<br>к колесн.<br>трактору | Самоходный                       |                                  |                                  |
| Марка трактора-тягача  | К-701                              | МоАЗ-546П                         | МоАЗ-546П                        | МоАЗ-546П                        | МоАЗ-546П                        |
| Мощность двигателя, л.с.   | 295                                | 215                               | 225                              | 225                              | 350                              |
| Способ загрузки ковша  | Силой тяги трактора и толкача      |                                   | Тяговый                          |                                  |                                  |
| Способ разгрузки ковша   | Принудительный                     | Свободный                         | Принудительный                   |                                  |                                  |
| Глубина резания при наборе, мм   | 150                                | 300                               | 450                              | 300                              | 300                              |
| Ширина захвата, мм   | 2 850                              | 2 700                             | 2 850                            | 2 820                            | 2 920                            |
| Масса:<br>без трактора, кг<br>с трактором, кг (тягач)  | 9 800<br>23 300                    | 20 000                            | 20 000                           | 20 000                           | 30 000                           |
| Максимальная толщина слоя отсыпки, мм  | 400                                | 450                               | 450                              | 450                              | 450                              |
| Скорости движения, км/ч:<br>при загрузке (наборе)<br>грузённого (мах)<br>при разгрузке<br>порожного хода | 12<br>31<br>30<br>33,1             | 2...3<br>30<br>9...10<br>30...40  | 5,5<br>30...40<br>5,5<br>40...50 | 5,5<br>30...40<br>5,5<br>40...50 | 5,5<br>30...40<br>5,5<br>40...50 |
| Ориентировочная стоимость машино-смены, руб./см  | 3 700                              | 5 500                             | 5 700                            | 5 700                            | 8 200                            |
| Бульдозер-толкач   | ДЗ-34<br>(Д-572)                   | ДЗ-34<br>(Д-572)                  | ДЗ-34<br>(Д-572)                 | ДЗ-34<br>(Д-572)                 | ДЗ-34<br>(Д-572)                 |
| Ориентировочная стоимость машино-смены, руб./см  | 2 800                              | 5 700                             | –                                | –                                | –                                |

Таблица 11 – Техничко-эксплуатационные характеристики скреперов Caterpillar

| Показатели  | Марка скрепера           |                          |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|   | 611                      | 613С(II)                 | 615С                     | 621С                     |
| Емкость ковша, м <sup>3</sup> :<br>геометрическая<br>с «шапкой» | 8,0<br>11,0              | 6,8<br>8,4               | 9,8<br>13                | 12<br>17                 |
| Тип скрепера  | Самоходный               |                          |                          |                          |
| Мощность двигателя, л.с.  | 267                      | 175                      | 25                       | 330                      |
| Способ загрузки ковша   | Принудительный           | Элеваторный              | Элеваторный              | Принудительный           |
| Способ разгрузки ковша  | Принудительный           | Принудительный           | Принудительный           | Принудительный           |
| Глубина резания при наборе максимальная, мм                     | 353                      | 160                      | 413                      | 333                      |
| Ширина захвата, мм  | 2 903                    | 2 350                    | 2 890                    | 3 020                    |
| Эксплуатационная масса  | 23 900                   | 14 970                   | 25 605                   | 32 563                   |
| Максимальная толщина слоя отсыпки, мм                           | 376                      | 370                      | 439                      | 522                      |
| Скорости движения, км/ч:  | 44,4                     | 35,1                     | 44,4                     | 51                       |
| Габаритные размеры:<br>длина<br>ширина<br>высота                | 12 020<br>3 270<br>3 240 | 10 000<br>2 440<br>2 920 | 11 600<br>3 050<br>3 300 | 12 930<br>3 470<br>3 710 |
| Ориентировочная стоимость машино-смены, руб./см                 | 5 700                    | 4 950                    | 6 200                    | 15 500                   |

Таблица 12 - Техничко-эксплуатационные характеристики скреперов Caterpillar

| Показатели  | Марка скрепера |              |              |              |
|---|----------------|--------------|--------------|--------------|
|   | 621G           | 621G         | 623G         | 627G         |
| Емкость ковша, м <sup>3</sup> :<br>геометрическая<br>с «шапкой» | -<br>15,96     | -<br>15,96   | 13,8<br>17,6 | 12,0<br>17,0 |
| Тип скрепера  | Самоходный     |              |              |              |
| Мощность двигателя, л.с.  | 360            | 720          | 360          | 850          |
| Способ загрузки ковша   | Шнековый       | 2-х шнековый | Элеваторный  | Спаренный    |
| Способ разгрузки ковша  | Принудительный |              |              |              |
| Глубина резания при наборе (мах), мм                            | 333            | 333          | 333          | 333          |
| Ширина захвата, мм  | 3 020          | 3 020        | 3 500        | 3 020        |
| Эксплуатационная масса  | 36 780         | 41 635       | 37 120       | 37 547       |
| Максимальная толщина слоя отсыпки, мм                           | 522            | 522          | 380          | 522          |
| Скорости движения, км/ч   | 51             | 51,3         | 51,5         | 51,3         |
| Габаритные размеры:   |                |              |              |              |
| длина   | 12 930         | 12 930       | 13 210       | 12 930       |
| ширина  | 3 470          | 3 470        | 3 550        | 3 470        |
| высота  | 3 710          | 3 710        | 3 680        | 3 710        |
| Ориентировочная стоимость машино-смены, руб./см                 | 17 300         | 17 400       | 15 700       | 21 200       |

Таблица 13 - Техничко-эксплуатационные характеристики скреперов Caterpillar

| Показатели  | Марка скрепера |           |              |              |
|---|----------------|-----------|--------------|--------------|
|   | 631G           | 631G      | 631G         | 637G         |
| Емкость ковша, м <sup>3</sup> :<br>геометрическая<br>с «шапкой» | 18,3<br>26     | -<br>23,7 | -<br>23,7    | 18,3<br>26,0 |
| Тип скрепера  | Самоходный     |           |              |              |
| Мощность двигателя, л.с.  | 450            | 450       | 450          | 450          |
| Способ загрузки ковша   | Принудительный | Шнековый  | 2-х шнековый | Спаренный    |
| Способ разгрузки ковша  | Принудительный |           |              |              |
| Глубина резания при наборе, мах, мм                             | 437            | 437       | 437          | 437          |
| Ширина захвата, мм  | 3 510          | 3 510     | 3 510        | 3 510        |
| Эксплуатационная масса  | 45 362         | 50 100    | 55 675       | 51 147       |
| Максимальная толщина слоя отсыпки, мм                           | 480            | 480       | 480          | 480          |
| Скорости движения, км/ч   | 53             | 53        | 53           | 53           |
| Габаритные размеры:   |                |           |              |              |
| длина   | 14 560         | 14 560    | 14 560       | 14 560       |
| ширина  | 3 940          | 3 940     | 3 940        | 3 940        |
| высота  | 4 290          | 4 290     | 4 290        | 4 290        |
| Ориентировочная стоимость машино-смены, руб./см                 | 19 400         | 22 700    | 23 000       | 23 400       |

Таблица 14 - Техничко-эксплуатационные характеристики скреперов Caterpillar

| Показатели  | Марка скрепера       |               |                     |                |
|---|----------------------|---------------|---------------------|----------------|
|   | 651E                 | 651E          | 651E                | 657E           |
| Емкость ковша, м <sup>3</sup> :<br>геометрическая<br>с «шапкой» | –<br>33,6            | –<br>33,6     | 24,5<br>33,6        | 24,5<br>33,6   |
| Тип скрепера  | Самоходный           |               |                     |                |
| Мощность двигателя, л.с.  | 550                  | 550           | 550                 | 550            |
| Способ загрузки ковша   | 2-х<br>шнеко-<br>вый | Шнеко-<br>вый | Принудитель-<br>ный | Спарен-<br>ный |
| Способ разгрузки ковша  | Принудительный       |               |                     |                |
| Глубина резания при наборе, мм                                  | 440                  | 440           | 440                 | 440            |
| Ширина захвата, мм  | 3 850                | 3 850         | 3 850               | 3 850          |
| Эксплуатационная масса  | 75 875               | 68 575        | 61 130              | 69 080         |
| Максимальная толщина слоя отсыпки, мм                           | 660                  | 660           | 660                 | 660            |
| Скорости движения, км/ч   | 53                   | 53            | 53                  | 53             |
| Габаритные размеры:   |                      |               |                     |                |
| длина   | 16 180               | 16 180        | 16 180              | 16 180         |
| ширина  | 4 350                | 4 350         | 4 350               | 4 350          |
| высота  | 4 710                | 4 710         | 4 710               | 4 710          |
| Ориентировочная стоимость машинокомплекта, руб./см              | 33 100               | 32 500        | 31 700              | 33 200         |

Методика (и последовательность) выполнения работы

1. По графикам рис. 1.1 [1] для заданных дальностей транспортировки  $L_{тр}$  и характеристик транспортных путей  $f$ ,  $i$  выбирается 13 рациональный тип скрепера (по способу передвижения и загрузки): прицепной, полуприцепной, самоходный, двухмоторный, с элеваторной загрузкой. Графики (рис. 1.1) описывают в первом приближении области рационального применения скреперов различных типов и облегчают выбор варианта машин для последующего технико-экономического анализа. Коэффициент сопротивления движению  $f$  может быть принят по графикам рис. 1.2.

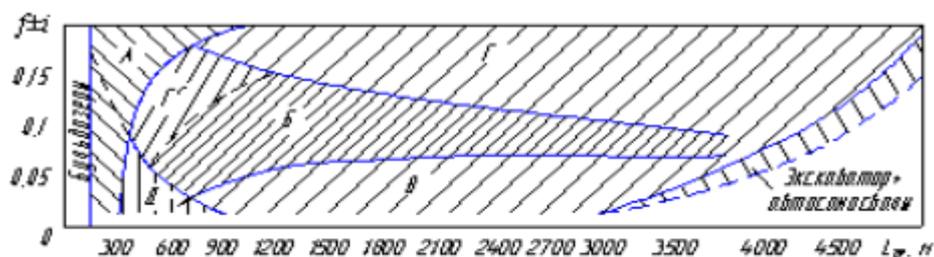


Рис. 1.1. Области рационального использования скреперов различных типов:

- А – прицепные скреперы к гусеничным тракторам;
- Б–Д – скреперы, агрегатируемые с колесными тягачами:
- Б – самоходные на базе одноосных седельных тягачей;
- В – полуприцепные на базе двухосных тягачей;
- Г – самоходные двухмоторные и с мотор-колесами;
- Г + Г' – то же при обеспечении самозагрузки;
- Д – скреперы с элеваторной загрузкой

2. Для выбранного типа скрепера по табл. 1.2–1.8 намечается несколько вариантов типоразмеров скреперов с различной емкостью ковша, обеспечивающих выполнение работы с различной производительностью. Марка и емкость данных скреперов, а также марка соответствующего бульдозера-толкача заносятся в форму табл. 15

Таблица 15

| Номер варианта | Тип скреперов для сопоставления (по табл. 1.2–1.4) |   |                  |
|----------------|--|---|------------------|
|                | Марка  | Емкость геометрическая $q$ , м <sup>3</sup> | Бульдозер-толкач |
|                |  |   |                  |

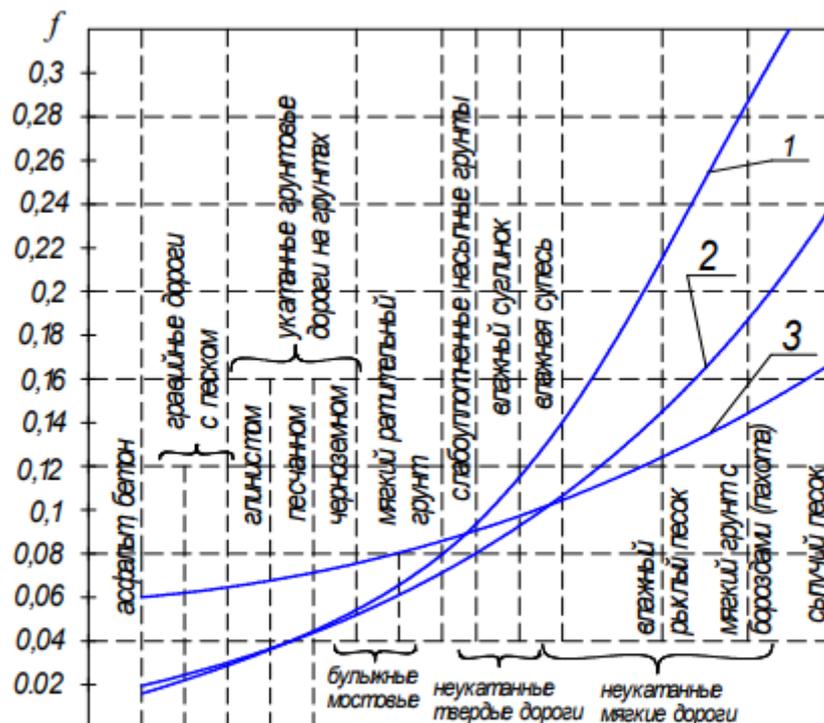


Рис. 1.2. Коэффициент сопротивления движению гусеничных и колесных машин:  
1 – пневматика; 2 – супербаллоны; 3 – гусеницы

3. Время рабочего цикла скрепера  $T_{ц}$ , с, определяется для всех типов сопоставляемых скреперов:

$$T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (1.1)$$

где  $t_1$  – время набора грунта (загрузка ковша), с;  $t_2$  – время движения груженого скрепера, с;  $t_3$  – время разгрузки, с;  $t_4$  – время движения порожнего скрепера, с;  $t_5$  – время на повороты, переключения передач, принимается по табл. 16

Таблица 16 – Время на повороты

| Тип скрепера | Емкость, м <sup>3</sup> |       |        |          |
|--------------|-------------------------|-------|--------|----------|
|              | 3                       | 3...8 | 9...10 | Более 10 |
| Прицепные    | 40                      | 60    | 80     | 90       |
| Самоходные   | –                       | 40    | 50     | 60       |

Время набора грунта  $t_1$ , с:

$$t_1 = \frac{3,6L_{наб}}{V_{наб}},$$

где  $L_{наб}$  – длина пути набора грунта в ковш, м;  $V_{наб}$  – скорость движения скрепера при наборе (загрузке), км/ч. Скорость  $V_{наб}$  выбирается по табл. 8-14. Длина пути набора  $L_{наб}$  принимается равной 20...40 м (большие значения соответствуют глинистым грунтам II категории, а также песчаным и лессовым грунтам). Время разгрузки скрепера  $t_3$ , с:

$$t_3 = \frac{3,6L_{\text{разг}}}{V_{\text{разг}}},$$

где  $L_{\text{разг}}$  – длина разгрузки скрепера, м;  $V_{\text{разг}}$  – скорость движения скрепера, км/ч. Скорость  $V_{\text{разг}}$  выбирается по табл. 8-14. Длина пути разгрузки принимается по табл. 17

Таблица 17 – Длина пути разгрузки

| Скреперы емкостью, м <sup>3</sup> |        |          |
|-----------------------------------|--------|----------|
| До 6                              | До 10  | Более 10 |
| 5...8                             | 9...12 | 12...15  |

Время движения гружёного скрепера  $t_2$ , с:

$$t_2 = \frac{3,6L_{\text{гр}}}{V_{\text{гр}}}.$$

Время движения порожнего скрепера  $t_4$ , с:

$$t_4 = \frac{3,6L_{\text{гр}}}{V_{\text{пор}}},$$

где  $L_{\text{гр}}$  – дальность транспортирования берётся из индивидуального варианта исходных данных, м;  $V_{\text{гр}}$  – скорость движения гружёного скрепера, км/ч;  $V_{\text{пор}}$  – скорость движения порожнего скрепера, км/ч. Скорости  $V_{\text{гр}}$  и  $V_{\text{пор}}$  подсчитываются по формулам:

$$V_{\text{гр}} = V_{\text{гр}}^{\text{max}} K_v; \quad V_{\text{пор}} = V_{\text{пор}}^{\text{max}} K_v, \quad (1.6)$$

где  $V_{\text{гр}}^{\text{max}}$  – максимальная скорость гружёного скрепера (табл. 8-14), км/ч;  $\text{max } V_{\text{пор}}$  – максимальная скорость порожнего скрепера, (табл. 8-14), км/ч;  $K_v$  – коэффициент, учитывающий потерю скорости с увеличением сопротивления движению и уклонов транспортных путей.  $K_v$  выбирается по графикам (рис. 1.3) в зависимости от  $f \pm i$  и характера движения (с грузом или порожним ходом). Рассчитанные параметры цикла  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ ,  $t_5$  заносятся в табл. 18 по каждому из сопоставляемых скреперов.

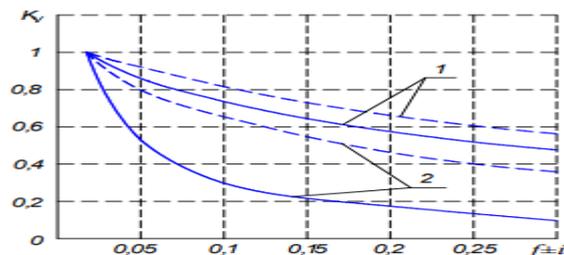


Рис. 1.3. Зависимость коэффициента  $K_v$  от суммарного сопротивления движению: 1 – для гусеничных скреперов; 2 – для колёсных скреперов; — — — движение с грузом; - - - - движение порожним ходом

Таблица 18 – Цикл скрепера, количество скреперов на один толкач

| Показатели                               |                            | Сопоставление скреперов |  |
|--|----------------------------|-------------------------|--|
| Цикл скреперов                           | время набора $t_1$         |                         |  |
|  | время гружёного хода $t_2$ |                         |  |
|  | время разгрузки $t_3$      |                         |  |
|  | время порожнего хода $t_4$ |                         |  |
|  | время поворотов $t_5$      |                         |  |
|  | время цикла $T_{\text{ц}}$ |                         |  |
| Количество скреперов на один толкач, $m$ |                            |                         |  |

Примечание. Для самозагружающихся скреперов количество скреперов в отряде назначается равным найденному количеству скреперов одинаковой или близкой емкости. 4. Требуемое количество скреперов на один толкач назначается по рекомендациям ЕНиР (табл. 19).

Таблица 19 – Количество скреперов, обслуживаемых одним трактором-толкачом по ЕНиР

| Расстояние транспортирования грунта | Емкость ковша скрепера, м <sup>3</sup> |       |            |          |
|-------------------------------------|--|-------|------------|----------|
|                                     | прицепных                              |       | самоходных |          |
|                                     | До 6                                   | 6...8 | 8...10     | Более 15 |
| 100                                 | 2                                      | 2     | –          | –        |
| 250                                 | 4                                      | 3     | 2          | –        |
| 500                                 | 5                                      | 4     | 3          | 2        |
| 750                                 | –                                      | 6     | 4          | 3        |
| 1 000 и более                       | –                                      | –     | 6          | 4–5      |

Найденные значения количества скреперов на один толкач  $m$  по каждому варианту сопоставляемых скреперов заносятся в табл. 1.8. 5. Определение технической и эксплуатационной производительности отрядов «скреперы-толкач». Общая техническая производительность  $P_{техн}$ , м<sup>3</sup>/ч, отряда скреперов находится по формуле:

$$P_{техн} = q' m h,$$

где  $q'$  – емкость «с шапкой» ковша скрепера, м<sup>3</sup>;  $h$  – количество циклов одного скрепера за час работы:

$$h = \frac{3600}{T_{ц}}$$

Эксплуатационная сменная производительность  $P_{э.см}$ , м<sup>3</sup>/см, отряда:

$$P_{э.см} = 8,2 P_{техн} K_{в},$$

где  $K_{в}$  – коэффициент использования рабочего времени отряда машин в течении смены, равный 0,4...0,5. Результаты расчётов заносятся в табл. 20 по каждому из сопоставляемых вариантов скреперов.

Таблица 20 – Результаты расчетов

| Показатели               |  | Сопоставляемые скреперы |  |  |
|--------------------------|--|-------------------------|--|--|
|                          |  |                         |  |  |
| Производительность       | Количество скреперов в отряде  |                         |  |  |
|                          | Количество циклов одного скрепера за 1 ч   |                         |  |  |
|                          | Техническая производительность отряда, $P_{техн.}$ , м <sup>3</sup> /ч               |                         |  |  |
|                          | Эксплуатационная сменная производительность отряда, $P_{э.см.}$ , м <sup>3</sup> /см |                         |  |  |
| Эксплуатационные затраты | Расходы скреперного оборудования на 1 смену работы, $C_{м.см}^{скр}$ , руб./см       |                         |  |  |
|                          | Общие расходы на 1 смену работы с учётом толкача, $C_{м.см}^{общ}$ , руб./см         |                         |  |  |
|                          | Себестоимость единицы продукции, $C_e$ , руб./м <sup>3</sup>                         |                         |  |  |

6. Определение эксплуатационных затрат на разработку и транспортирование на заданное расстояние 1 м<sup>3</sup> грунта отрядом 19 скреперов с толкачом (себестоимости единицы продукции  $C_e$ , руб./м<sup>3</sup>) производится по формуле:

$$C_e = \frac{C_{м.см}^{общ}}{P_{э.см}},$$

где  $C_{м.см}^{общ}$  – общая себестоимость машино-смены отряда скреперов и толкача (эксплуатационные расходы за смену), руб./см.

$$C_{\text{м.см}}^{\text{общ}} = C_{\text{м.см}}^{\text{скр}} m + C_{\text{м.см}}^{\text{т}}$$

где  $C_{\text{м.см}}^{\text{скр}}$  – стоимость машино-смены одного скрепера, руб./см;  $m$  – количество скреперов на один толкач;  $C_{\text{м.см}}^{\text{т}}$  – стоимость машино-смены одного толкача, руб./см. Данные по стоимости машино-смены  $C_{\text{м.см}}^{\text{скр}}$  и  $C_{\text{м.см}}^{\text{т}}$  приведены в табл. 1.2–1.8. Расчёты себестоимости единицы продукции  $C_e$  проводим по всем сопоставляемым вариантам, значения заносим в табл. 1.10.

7. По показателю себестоимости единицы продукции делаются выводы об оптимальном варианте типов скреперов и сформированных отрядов для заданных условий работы.

Форма отчетности: отчет.

Дополнительная литература  
[4,5,8]

### **Практическая работа №3.**

Тема: Оптимизация использования транспортных средств при комплексной механизации строительных работ.

Цель работы: научиться оптимизировать транспортные средства при комплексной механизации строительных работ.

Постановка задачи и исходные данные

Дорожно-строительное управление ведет строительство пяти автомобильных дорог, для которых поставляется песчано-гравийная смесь из четырех карьеров местных строительных материалов. Карьеры, которые впоследствии будут называться ПОСТАВЩИКАМИ продукции, и обозначаться буквой  $K_i$  (где  $i$  – номер карьера), способны в сутки поставить объем песчано-гравийной смеси не более  $V_i$ . Дороги, которые обозначим буквой  $D_j$  (где  $j$  – номер дороги) и назовем ПОТРЕБИТЕЛИ, требуют поставки  $W_j$  песчано-гравийной смеси. Имеет место ограничение  $T$ :

$$\sum_{i=1}^n V_i \neq \sum_{j=1}^m W_j,$$

где  $n$  – число карьеров;  $m$  – число дорог. Расстояние между соответствующими карьерами и дорогами известно и обозначено буквой  $L_{ij}$  – расстояние от  $i$  карьера до  $j$  дороги. Между отдельными карьерами и дорогами, конкретно указанными в вариантах задания, отсутствуют подъездные пути и поставка этим дорогам груза из данного карьера невозможна. Требуется определить оптимальное распределение объемов песчано-гравийной смеси между потребителями с учетом имеющихся ограничений, исходя из минимальных затрат транспортной работы, выраженной в (т·км). Расстояние между карьерами и строящимися дорогами  $L_{ij}$ , км, приведено в табл. 2.1. Отсутствие подъездных путей между конкретными дорогами и карьерами указано в табл. 2.2. Объем поставок  $V_i$  и потребления  $W_j$  песчано-гравийной смеси выбирается из табл. 2.2 по указанному преподавателем варианту.

Таблица 21 – Расстояние между карьерами и строящимися дорогами

| Поставщики     | Потребители    |                |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                | Д <sub>1</sub> | Д <sub>2</sub> | Д <sub>3</sub> | Д <sub>4</sub> | Д <sub>5</sub> |
| К <sub>1</sub> | 8              | 12             | 7              | 9              | 17             |
| К <sub>2</sub> | 12             | 10             | 11             | 14             | 20             |
| К <sub>3</sub> | 15             | 14             | 19             | 16             | 19             |
| К <sub>4</sub> | 23             | 11             | 14             | 18             | 20             |

Таблица 2.2

Объем поставки  $V_i$  и потребления  $W_j$  песчано-гравийной смеси, т

| Вариант № | Поставщики     |                |                |                | Потребители    |                |                |                |                | Отсутствует подъездной путь между К и Д |                |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|----------------|
|           | К <sub>1</sub> | К <sub>2</sub> | К <sub>3</sub> | К <sub>4</sub> | Д <sub>1</sub> | Д <sub>2</sub> | Д <sub>3</sub> | Д <sub>4</sub> | Д <sub>5</sub> | 11                                      |                |
| 1         | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |   |                |
| 1         | 600            | 600            | 500            | 200            | 100            | 500            | 600            | 600            | 300            | К <sub>1</sub>                          | Д <sub>1</sub> |
| 2         | 100            | 600            | 600            | 200            | 400            | 100            | 600            | 400            | 100            | К <sub>2</sub>                          | Д <sub>2</sub> |
| 3         | 600            | 800            | 500            | 100            | 500            | 200            | 200            | 400            | 300            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>3</sub> |
| 4         | 200            | 300            | 800            | 200            | 700            | 100            | 400            | 300            | 100            | К <sub>1</sub>                          | Д <sub>1</sub> |
| 5         | 700            | 100            | 600            | 200            | 400            | 100            | 500            | 200            | 100            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>3</sub> |
| 6         | 500            | 100            | 700            | 300            | 100            | 400            | 400            | 600            | 200            | К <sub>2</sub>                          | Д <sub>3</sub> |
| 7         | 700            | 500            | 100            | 400            | 800            | 100            | 200            | 400            | 100            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>3</sub> |
| 8         | 400            | 300            | 100            | 300            | 400            | 300            | 200            | 100            | 200            | К <sub>1</sub>                          | Д <sub>4</sub> |
| 9         | 100            | 300            | 900            | 600            | 700            | 300            | 100            | 600            | 300            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>4</sub> |
| 10        | 100            | 300            | 200            | 200            | 100            | 500            | 100            | 100            | 300            | К <sub>1</sub>                          | Д <sub>1</sub> |
| 11        | 200            | 700            | 600            | 100            | 700            | 100            | 500            | 300            | 100            | К <sub>1</sub>                          | Д <sub>4</sub> |
| 12        | 100            | 400            | 500            | 400            | 100            | 300            | 500            | 400            | 300            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>4</sub> |
| 13        | 800            | 600            | 500            | 300            | 700            | 100            | 400            | 600            | 200            | К <sub>2</sub>                          | Д <sub>3</sub> |
| 14        | 400            | 200            | 600            | 300            | 100            | 300            | 600            | 500            | 300            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>2</sub> |
| 15        | 500            | 600            | 500            | 300            | 600            | 800            | 100            | 200            | 300            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>3</sub> |
| 16        | 600            | 300            | 100            | 100            | 600            | 100            | 100            | 400            | 200            | К <sub>2</sub>                          | Д <sub>1</sub> |
| 17        | 400            | 400            | 600            | 200            | 300            | 100            | 200            | 500            | 200            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>2</sub> |
| 18        | 600            | 300            | 100            | 400            | 300            | 100            | 500            | 300            | 400            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>4</sub> |
| 19        | 200            | 800            | 300            | 400            | 100            | 300            | 300            | 500            | 600            | К <sub>1</sub>                          | Д <sub>2</sub> |
| 20        | 500            | 600            | 200            | 200            | 200            | 500            | 300            | 500            | 300            | К <sub>1</sub>                          | Д <sub>4</sub> |
| 21        | 600            | 100            | 600            | 300            | 700            | 200            | 100            | 200            | 100            | К <sub>3</sub>                          | Д <sub>3</sub> |
| 22        | 200            | 600            | 100            | 300            | 400            | 200            | 500            | 100            | 100            | К <sub>2</sub>                          | Д <sub>3</sub> |
| 23        | 600            | 700            | 600            | 300            | 500            | 300            | 600            | 500            | 200            | К <sub>1</sub>                          | Д <sub>1</sub> |

| 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11             |                |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|----------------|
| 24 | 300 | 500 | 100 | 400 | 200 | 200 | 300 | 400 | 400 | К <sub>1</sub> | Д <sub>4</sub> |
| 25 | 700 | 600 | 400 | 300 | 200 | 500 | 600 | 600 | 400 | К <sub>3</sub> | Д <sub>2</sub> |
| 26 | 500 | 400 | 100 | 500 | 500 | 600 | 100 | 300 | 100 | К <sub>3</sub> | Д <sub>3</sub> |
| 27 | 700 | 500 | 100 | 200 | 100 | 400 | 500 | 200 | 400 | К <sub>2</sub> | Д <sub>3</sub> |
| 28 | 400 | 500 | 700 | 400 | 300 | 300 | 400 | 300 | 600 | К <sub>1</sub> | Д <sub>4</sub> |
| 29 | 100 | 300 | 500 | 400 | 200 | 300 | 400 | 300 | 200 | К <sub>2</sub> | Д <sub>4</sub> |
| 30 | 500 | 400 | 600 | 300 | 700 | 200 | 500 | 400 | 300 | К <sub>3</sub> | Д <sub>2</sub> |

Методика выполнения работы

Решаемая задача имеет ограничения поставок между конкретными пунктами, указанными в задании, и несбалансированность в поставках и потреблении (открытая модель). Для того чтобы привести к виду задач, решаемых методами линейного программирования, необходимо выполнить ряд операций (рис. 2.1):

а) в случае отсутствия подъездных путей между поставщиком  $K_i$  и потребителем  $D_j$  необходимо в клетку  $K_i D_j$  поставить вместо действительного расстояния на порядок больше самого большого расстояния в матрице и тем самым выполнить условие математической записи отсутствия проезда  $K_i D_j \rightarrow \infty$ ;

б) если объем разрабатываемой песчано-гравийной смеси превышает количество, необходимое для строительства дорог, в матрицу необходимо ввести так называемый «фиктивный» потребитель, для которого отводится отдельная строка (столбец). Его спрос принимают равным превышению общего объема наличия груза над суммарным объемом потребления. Вместо расстояний в клетках этой строки (столбца) матрицы записывается произвольное значение пути, обычно равное нулю;

в) если общий объем разрабатываемой песчано-гравийной смеси меньше суммарной потребности в ней строящихся дорог, то в матрицу вводят столбец (строку) фиктивного поставщика. Объем поставки смеси принимается равным превышению суммарной потребности над объемом разрабатываемой смеси. В клетках фиктивного поставщика ставятся расстояния, равные нулю;

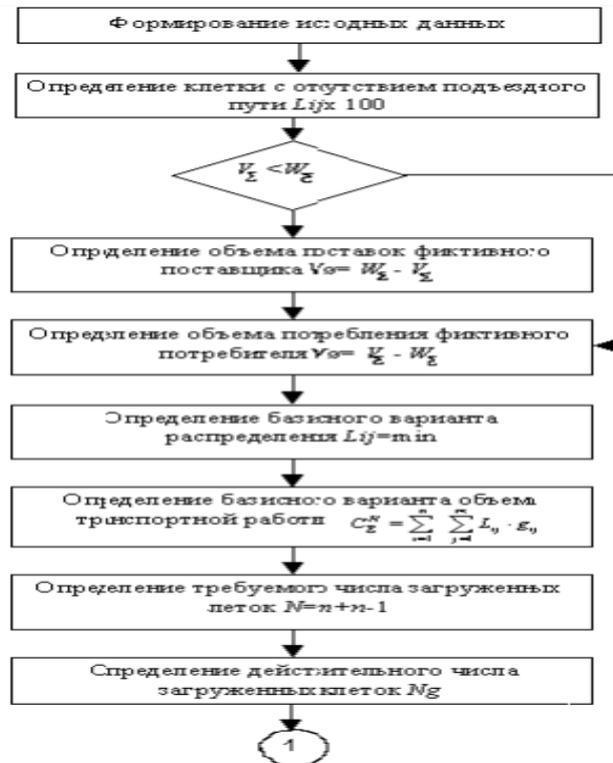


Рис. 2.1. Блок-схема алгоритма решения задач (начало)

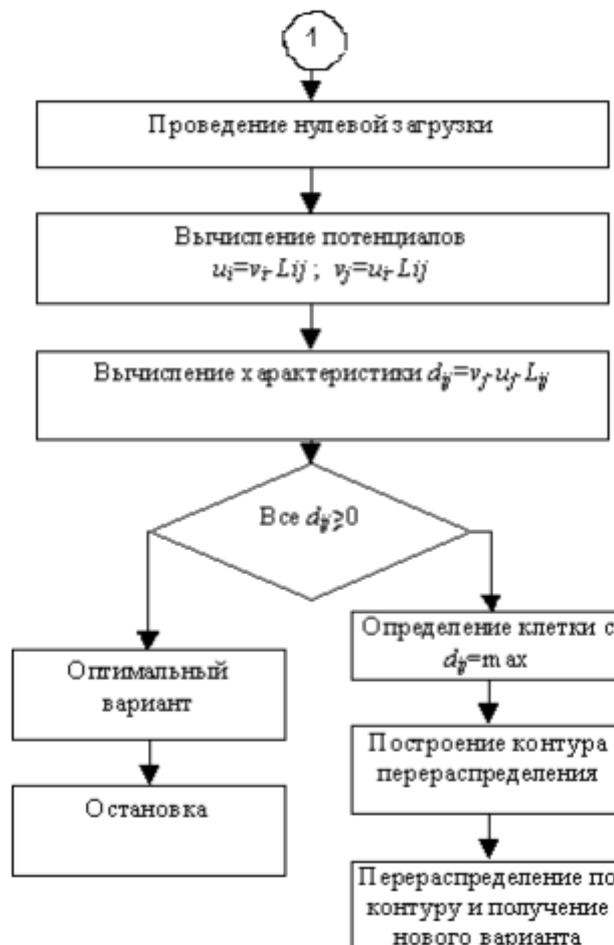


Рис. 2.1. Блок-схема алгоритма решения задач (окончание)

г) проведенные преобразования приводят предлагаемую задачу к виду сбалансированной задачи линейного программирования (закрытая модель). При выполнении работы необходимо вычертить и заполнить последовательно все матрицы с построенным оптимальным планом распределения.

### Построение начального плана

Допустим, что из условия решаемой задачи известно о превышении объема потребляемого груза над поставляемым и отсутствии дороги между карьером К1 и дорогой Д1. Тогда исходная матрица может быть записана в виде табл. 22

Таблица 22 - Матрица

| Потребители      | Поставщики      |                 |     |                 |     |                | Потребность в грузе |
|------------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----|----------------|---------------------|
|                  | К <sub>1</sub>  | К <sub>2</sub>  | ... | К <sub>i</sub>  | ... | К <sub>φ</sub> |                     |
| Д <sub>1</sub>   | L <sub>11</sub> | L <sub>21</sub> | ... | L <sub>i1</sub> | ... | 0              | W <sub>1</sub>      |
| Д <sub>2</sub>   | L <sub>12</sub> | L <sub>22</sub> | ... | L <sub>i2</sub> | ... | 0              | W <sub>2</sub>      |
| ...              | ...             | ...             | ... | ...             | ... | ...            | ...                 |
| Д <sub>i</sub>   | L <sub>1i</sub> | L <sub>2i</sub> | ... | L <sub>ii</sub> | ... | 0              | W <sub>i</sub>      |
| ...              | ...             | ...             | ... | ...             | ... | ...            | ...                 |
| Д <sub>m</sub>   | L <sub>1m</sub> | L <sub>2m</sub> | ... | L <sub>im</sub> | ... | 0              | W <sub>m</sub>      |
| Наличие груза, т | V <sub>1</sub>  | V <sub>2</sub>  | ... | V <sub>i</sub>  | ... | V <sub>φ</sub> |                     |

В рассматриваемой таблице расстояние L<sub>11</sub> выбирается значительно большим, чем действительное, с целью выполнения условия «а» (см. п. 2.2) – K<sub>ij</sub> = L<sub>11</sub> → ∞. Поскольку объем потребляемого груза превосходит объем поставки, то в соответствии с правилом «в» (см. п. 2.2) введем в матрицу (табл. 22) столбец фиктивного поставщика Кφ с объемом поставки Vφ, равным

$$V_{\phi} = \sum_{j=1}^m W_j - \sum_{i=1}^n V_i .$$

Расстояние от Кφ до всех потребителей примем равным нулю. После проведенных преобразований план принимает сбалансированный (закрытый) вид. Проведем его решение методом потенциалов [3, 4]. Составим табл. 2.4, отличающуюся от табл. 2.3 тем, что в нее введены вспомогательные строка и столбец. Проведем последовательное закрепление потребителей за поставщиками способом двойного предпочтения. Вначале выбираем и отмечаем наименьшее расстояние в каждой строке. Затем то же самое делаем по столбцам. Клетку, имеющую две отметки, загружаем, т.е. записываем в нее количество груза в первую очередь. Затем загружаем клетки с меньшими расстояниями, отмеченные один раз. Нераспределенный груз записывают в неотмеченные клетки, расположенные на пересечении неудовлетворенной строки и столбца. Количество груза, помещаемого в каждую клетку, определяется наименьшей величиной груза у соответствующего поставщика или потребностью в грузе соответствующего потребителя. Клетки, в которых поставлено количество груза, называются загруженными. После окончания распределения подсчитываем общий объем транспортных затрат, (т·км), по формуле:

$$C_{\Sigma}^n = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m L_{ij} g_{ij} ,$$

где g<sub>ij</sub> – наличие груза в загруженной клетке, т; L<sub>ij</sub> – расстояние от i карьера до j дороги, км

Таблица 23

| Потребители                        | Вспомогательная строка | Поставщики              |                 |     |                 |     |                | Количество потребляемого материала    |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|-----|-----------------|-----|----------------|---------------------------------------|
|                                    |                        | К <sub>1</sub>          | К <sub>2</sub>  | ... | К <sub>i</sub>  | ... | К <sub>φ</sub> |                                       |
|                                    |                        | Вспомогательный столбец |                 |     |                 |     |                |                                       |
| Д <sub>1</sub>                     |                        | L <sub>11</sub>         | L <sub>21</sub> | ... | L <sub>i1</sub> | ... | 0              | W <sub>1</sub>                        |
| Д <sub>2</sub>                     |                        | L <sub>12</sub>         | L <sub>22</sub> | ... | L <sub>i2</sub> | ... | 0              | W <sub>2</sub>                        |
| ...                                |                        | ...                     | ...             | ... | ...             | ... | ...            | ...                                   |
| Д <sub>i</sub>                     |                        | L <sub>1i</sub>         | L <sub>2i</sub> | ... | L <sub>ii</sub> | ... | 0              | W <sub>i</sub>                        |
| ...                                |                        | ...                     | ...             | ... | ...             | ... | ...            | ...                                   |
| Д <sub>m</sub>                     |                        | L <sub>1m</sub>         | L <sub>2m</sub> | ... | L <sub>im</sub> | ... | 0              | W <sub>m</sub>                        |
| Количество поставляемого материала |                        | V <sub>1</sub>          | V <sub>2</sub>  | ... | V <sub>i</sub>  | ... | V <sub>φ</sub> | $\sum_{i=1}^n V_i = \sum_{j=1}^m W_j$ |

Допустим, что указанные выше операции привели матрицу (табл. 23) к следующему виду (табл. 24), который назовем базисным планом. Однако распределение, приведенное в табл. 24, еще нельзя назвать оптимальным. Для проверки оптимальности полученного первоначального распределения находят специальные вспомогательные показатели строк  $V$  и столбцов  $U$ , называемые потенциалами

| Потребители                        | Вспомогательная строка, $V$ | Поставщики                   |                      |     |                      |     |               | Количество потребляемого материала    |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|-----|----------------------|-----|---------------|---------------------------------------|
|                                    |                             | $K_1$                        | $K_2$                | ... | $K_i$                | ... | $K_n$         |                                       |
|                                    |                             | Вспомогательный столбец, $U$ |                      |     |                      |     |               |                                       |
| $D_1$                              |                             | $L_{11}$<br>$g_{11}$         | $L_{21}$<br>$g_{21}$ | ... | $L_{i1}$             | ... | 0             | $W_1$                                 |
| $D_2$                              |                             | $L_{12}$<br>$g_{12}$         | $L_{22}$<br>$g_{22}$ | ... | $L_{i2}$             | ... | 0             | $W_2$                                 |
| ...                                |                             | ...                          | ...                  | ... | ...                  | ... | ...           | ...                                   |
| $D_j$                              |                             | $L_{1j}$                     | $L_{2j}$             | ... | $L_{ij}$<br>$g_{ij}$ | ... | 0<br>$g_{nj}$ | $W_j$                                 |
| ...                                |                             | ...                          | ...                  | ... | ...                  | ... | ...           | ...                                   |
| $D_m$                              |                             | $L_{1m}$<br>$g_{2m}$         | $L_{2m}$<br>$g_{2m}$ | ... | $L_{im}$             | ... | 0<br>$g_{nm}$ | $W_m$                                 |
| Количество поставляемого материала |                             | $V_1$                        | $V_2$                | ... | $V_i$                | ... | $V_n$         | $\sum_{i=1}^n V_i = \sum_{j=1}^n W_j$ |

Проверка оптимальности полученного распределения. Определение потенциалов осуществляется по следующим правилам: 1) для каждой загруженной клетки разность между соответствующими этой клетке потенциалами должна быть равна указанному в ней расстоянию, т.е.

$$V_j - U_i = L_{ij};$$

2) для одного из столбцов (поставщиков) принимают потенциал  $U_i = 0$ . При этом целесообразно приравнять к нулю потенциал того столбца, в котором имеется загруженная клетка с наибольшим расстоянием. Остальные потенциалы определяются по загруженным клеткам, исходя из следующих зависимостей:

для столбцов

$$U_i = V_j - L_{ij};$$

для строк

$$V_j = U_i + L_{ij};$$

3) для определения всех потенциалов строк и столбцов в матрице необходимо соблюдение правила:

$$N = m + n - 1,$$

где  $N$  – число загруженных клеток. Если  $N < m + n - 1$ , то необходимо искусственно загрузить недостающее количество клеток матрицы, для чего в них записывается 0, и в последующих расчетах оперировать этой клеткой как загруженной. Наличие клетки с нулевой загрузкой не повлияет на сбалансированность матрицы с точки зрения равенства поставляемого и потребляемого груза. Нулевую загрузку следует ставить в клетку, лежащую на пересечении строки или столбца, не имеющих потенциалов, со строкой или столбцом, для которых потенциалы уже определены. После определения потенциалов рассматривают все незагруженные клетки и среди них отыскивают такие, для которых разность между соответствующими им потенциалами будет больше расстояния, указанного в этой клетке, т.е.

$$V_j - U_i > L_{ij}.$$

Для каждой клетки определяют число:

$$d_{ij} = V_j - U_i - L_{ij}.$$

Значения  $d_{ij}$ , в случае их наличия, проставляются в нижнем левом углу соответствующих клеток. Наличие  $d_{ij}$  свидетельствует, что принятое нами в табл. 2.5

распределение не является оптимальным и его можно улучшить, т.е. найти оптимальный вариант поставки груза.

Улучшение полученного распределения. Улучшение поставок проводят путем нахождения наибольшего значения  $d_{ij}$ . Для соответствующей ему клетки строят «контур» – замкнутую линию, состоящую из прямых горизонтальных и вертикальных отрезков, вершины которых лежат в загруженных клетках, не считая клетки, выбранной для начала построения контура.

Каждой клетке должен соответствовать только один контур. Движение при построении контура совершается строго под прямым углом, причем в каждой таблице, находящейся в замкнутой линии, в состав контура входит всего по две клетки. Число вершин контура всегда будет четным. Если имеет место скрещение горизонтальных и вертикальных вершин контура, то это не рассматривается как его вершина. Клеткам в вершинах контура попеременно присваивают знаки «+» и «-», начиная с выбранной клетки, которой присваивается знак «-». В результате проведенных операций табл. 2.5 примет вид табл. 2.6

| Потребители                        | Вспомогательная строка, $V$ | Поставщики                   |                           |     |                           |     |                | Количество потребляемого материала    |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-----|---------------------------|-----|----------------|---------------------------------------|
|                                    |                             | $K_1$                        | $K_2$                     | ... | $K_i$                     | ... | $K_n$          |                                       |
|                                    |                             | Вспомогательный столбец, $U$ |                           |     |                           |     |                |                                       |
|                                    |                             | $U_1$                        | $U_2$                     | ... | $U_i$                     | ... | $U_n$          |                                       |
| $D_1$                              | $V_1$                       | $L_{11}$<br>$g_{11}$         | $L_{21}$<br>$g_{21}$      | ... | $L_{i1}$                  | ... | 0              | $W_1$                                 |
| $D_2$                              | $V_2$                       | $L_{12}$<br>$g_{12}$         | +<br>$L_{22}$<br>$g_{22}$ | ... | -<br>$L_{i2}$<br>$d_{i2}$ | ... | 0              | $W_2$                                 |
| ...                                | ...                         | ...                          | ...                       | ... | ...                       | ... | ...            | ...                                   |
| $D_j$                              | $V_j$                       | $L_{1j}$                     | $L_{2j}$                  | ... | + $L_{ij}$<br>$g_{ij}$    | ... | -0<br>$g_{nj}$ | $W_j$                                 |
| ...                                | ...                         | ...                          | ...                       | ... | ...                       | ... | ...            | ...                                   |
| $D_m$                              | $V_m$                       | $L_{1m}$                     | -<br>$L_{2m}$<br>$g_{2m}$ | ... | $L_{im}$                  | ... | +0<br>$g_{nm}$ | $W_m$                                 |
| Количество поставляемого материала |                             | $V_1$                        | $V_2$                     | ... | $V_i$                     | ... | $V_n$          | $\sum_{i=1}^n V_i = \sum_{j=1}^m W_j$ |

Допустим, что наибольшее число  $d_{ij}$  соответствует клетке  $K_{i2}$ , тогда контур будет иметь вид, представленный на матрице (табл. 2.6). Далее из всех клеток, обозначенных знаком «+», выберем наименьшую цифру загрузки. Допустим, что такой клеткой в матрице (табл. 2.6) будет клетка  $K_{22}$ . Указанное в ней количество груза отнимем от загрузки, указанной в клетках со знаком «+», и прибавим к клеткам со знаком «-». Полученные цифры запишем в новую матрицу (табл. 2.7). В нее без изменения переносятся загрузки тех клеток, которые не являются вершинами контура. Полученная табл. 2.7 является новым вариантом распределения.

| Потребители                        | Вспомогательная строка, $V$ | Поставщики                   |                                   |     |                             |     |                      | Количество потребляемого материала    |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------|-----|----------------------|---------------------------------------|
|                                    |                             | $K_1$                        | $K_2$                             | ... | $K_i$                       | ... | $K_\Phi$             |                                       |
|                                    |                             | Вспомогательный столбец, $U$ |                                   |     |                             |     |                      |                                       |
|                                    |                             | $U'_1$                       | $U'_2$                            | ... | $U'_i$                      | ... | $U'_n$               |                                       |
| $D_1$                              | $V'_1$                      | $L_{11}$<br>$g_{11}$         | $L_{21}$<br>$g_{21}$              | ... | $L_{i1}$                    | ... | 0                    | $W_1$                                 |
| $D_2$                              | $V'_2$                      | $L_{12}$<br>$g_{12}$         | $L_{22}$                          | ... | $L_{i2}$<br>$+g_{22}$       | ... | 0                    | $W_2$                                 |
| ...                                | ...                         | ...                          | ...                               | ... | ...                         | ... | ...                  | ...                                   |
| $D_j$                              | $V'_j$                      | $L_{1j}$                     | $L_{2j}$                          | ... | $L_{ij}$<br>$g_{ij}+g_{22}$ | ... | 0<br>$g_{nj}+g_{22}$ | $W_j$                                 |
| ...                                | ...                         | ...                          | ...                               | ... | ...                         | ... | ...                  | ...                                   |
| $D_m$                              | $V'_m$                      | $L_{1m}$                     | $L_{2m}$<br>$g_{2m}+$<br>$g_{22}$ | ... | $L_{im}$                    | ... | 0<br>$g_{nm}+g_{22}$ | $W_m$                                 |
| Количество поставляемого материала |                             | $V_1$                        | $V_2$                             | ... | $V_i$                       | ... | $V_\Phi$             | $\sum_{i=1}^n V_i = \sum_{j=1}^m W_j$ |

Для нового вида распределения вновь проводят вычисление потенциалов  $V_j$  и  $U_i$ . Определяют значения  $d_{ij}$  и проводят построение «контуров». Операция продолжается до тех пор, пока для всех незагруженных клеток будет иметь место следующее неравенство:

$$V_j - U_i \leq L_{ij}.$$

Если все незагруженные клетки соответствуют равенству, то распределение улучшить больше нельзя и оно считается оптимальным

Определение эффективности от применения оптимального распределения

Проведем сравнение объемов транспортной работы в первоначальном и оптимальном распределении по формуле:

$$\Theta = \frac{C_\Sigma^n - C_\Sigma^{\text{опт}}}{C_\Sigma^n} 100\%,$$

где  $C_\Sigma^n$  и  $C_\Sigma^{\text{опт}}$  вычисляется в соответствии с выражением (2.2) для начального и оптимального распределения соответственно. Полученный процент снижения транспортной работы отражает эффект от применения оптимального плана использования комплекта машин при доставке материалов на строящиеся дороги. При наличии в матрице незагруженной клетки  $m$  показателем  $d_{ij} = 0$  полученное оптимальное распределение не является единственно возможным. Можно получить другие варианты оптимального распределения с тем же объемом транспортной работы. Это делают путем построения контура для клетки с  $d_{ij} = 0$  и соответствующего перемещения загрузки. Наличие нескольких оптимальных вариантов может оказаться крайне важным в практической работе, где в ряде случаев могут иметь место дополнительные ограничения на перевозку, вызванные состоянием подъездных путей, требованиями к качеству груза (в данном случае песчано-гравийной смеси), предусмотренными в проекте конкретной дороги, а также постоянным закреплением автотранспорта за определенными поставщиками и потребителями и т.п.

Форма отчетности: отчет

Дополнительная литература:  
[4,5,8]

## Практическая работа №4.

**Тема:** Выбор рациональных маршрутов перевозок строительных грузов и комплектование звеньев «экскаватор-самосвал» на строительстве автомобильных дорог.

**Цель:** выбор рациональных маршрутов перевозки грузов при максимальном коэффициенте использования пробега автомобилей, определение количества и вида экскаваторов и самосвалов, необходимых для перевозки указанного объема строительных материалов.

Дорожно-строительному управлению (ДСУ) поставлена задача по перевозке и укладке в тело дороги объемов материалов от поставщиков к потребителям, определенным в главе 2 из расчета выполнения указанного объема за одну смену. ДСУ выполняет работы методом организации комплексных механизированных звеньев (бригад). Требуется определить: 1) количество и вид автосамосвалов, применяемых для перевозки материалов; 2) оптимальные маршруты перевозок; 3) количество и вид экскаваторов для разработки и погрузки материала в карьерах. Работа комплексных механизированных звеньев должна быть организована с минимальными непроизводительными потерями времени. Исходными данными являются:

1. Объемы расстояния перевозок материалов берутся в соответствии с данными, полученными студентом в результате выполнения работы в главе 2 при условии, что указанные работы должны быть выполнены в течение одной смены.

2. Средние технические скорости движения автосамосвалов ЗИЛ-4362МО, МАЗ-55513, КРАЗ-6510 по дорогам с разным типом покрытий приведены в табл. 3.1 [5]. Вид покрытия выбирается в соответствии с номером дороги, указанным в матрице главы 2.

Таблица 1 – Средние технические скорости движения автосамосвалов

| Вид покрытия дороги |                                     | Дальность возки, км |     |     |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------|-----|-----|
|                     |                                     | 0,5                 | 1,0 | 2,0 |
| Д <sub>1</sub>      | Асфальт, бетон, сборные ж/б изделия | 24                  | 30  | 42  |
| Д <sub>2</sub>      | Щебеночные и гравийные              | 22                  | 26  | 36  |
| Д <sub>3</sub>      | Булыжная мостовая                   | 19                  | 24  | 32  |
| Д <sub>4</sub>      | Грунтовые дороги                    | 18                  | 20  | 30  |

3. Соотношения емкости ковша экскаватора с грузоподъемностью автомобиля приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Соотношение емкости ковша экскаватора с грузоподъемностью автомобиля

| Марка автомобиля | Грузоподъемность, т | Емкость кузова, м <sup>3</sup> | Емкость ковша экскаватора, м <sup>3</sup> | Ориентировочное число ковшей грунта | Погрузочная высота, м | Стоимость маш-ч, эксплуатации, руб. |
|------------------|---------------------|--------------------------------|---|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| ЗИЛ-4362МО       | 4,5                 | 3,0                            | 0,5...0,8                                 | 5-3                                 | 2                     | 2,00                                |
| МАЗ-55513        | 8,4                 | 5,5                            | 1,0...1,5                                 | 6-4                                 | 2,15                  | 2,15                                |
| КРАЗ-6510        | 15                  | 8,0                            | 1,5...3,0                                 | 6-3                                 | 2,64                  | 2,64                                |

4. Нормы продолжительности простоя автомобиля – самосвала под погрузкой и разгрузкой сыпучих материалов приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Нормы продолжительности простоя автомобиля – самосвала под погрузкой и разгрузкой сыпучих материалов

| Грузоподъемность<br>автомобиля, т | Простой под погрузкой, ч     |                              | Простой при<br>разгрузке, ч |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|                                   | Экскаватор с ковшом емкостью |                              |                             |
|                                   | до 1,0 м <sup>3</sup>        | от 1,0 до 2,0 м <sup>3</sup> |                             |
| 2,25...4,00                       | 0,03...0,07                  | 0,03...0,05                  | 0,025...0,04                |
| 4,00...7,00                       | 0,08...0,12                  | 0,05...0,07                  | 0,03...0,05                 |
| 7,00...10,00                      | 0,17...0,20                  | 0,06...0,08                  | 0,05...0,10                 |
| 10,00...12,00                     | 0,20...0,25                  | 0,08...0,12                  | 0,05...0,15                 |

Примечание. Вторые цифры в табл. 3 показывают требуемое время для погрузки влажных и липких грунтов.

5. Технические характеристики экскаваторов, применяемых на погрузочно-разгрузочных работах, приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Технические характеристики экскаваторов

| Параметры  | Колесные |       | Гусеничные  |       |       |       |
|--|----------|-------|-------------|-------|-------|-------|
|  | ЕК-12    | ЕК-14 | ЭО-4212-А-1 | ЕТ-16 | ЕТ-18 | ЕТ-26 |
| Емкость ковша, м <sup>3</sup>  | 0,65     | 0,8   | 0,8         | 0,65  | 1,0   | 1,11  |
| Высота выгрузки, м   | 6,4      | 5,72  | 6,1         | 5,52  | 6,0   | 6,52  |
| Мощность двигателя, л.с.   | 80       | 103   | 90          | 103   | 103   | 176   |
| Эксплуатационная производительность при погрузке грунта III категории П <sub>г</sub> , м <sup>3</sup> /ч | 74,3     | 76,2  | 74,1        | 67,5  | 92,6  | 105   |

3.2. Порядок выполнения работы 1. Определим эксплуатационную производительность автомобиля на каждом из участков перевозок по формуле [9]:

$$P_{\text{э}} = \frac{T_n V K_n Q_i K_r L_{\text{пр}_y}}{L_{\text{пр}_y} + t_n V K_n},$$

где  $T_n$  – время нахождения автомобиля в наряде, ч ( $T_n = 8,2$  ч);  $V$  – средняя техническая скорость, км/ч (табл. 3.1);  $K_n$  – коэффициент полезного действия пробега (отношение пробега с грузом к общему пробегу) примем равным 0,5;  $Q$  – грузоподъемность транспортного средства, т (табл. 3.2);  $K_r$  – коэффициент использования грузоподъемности (для грунтов  $K_r = 1$ );  $L_{\text{пр}_y}$  – среднее расстояние пробега автомобиля с грузом, км;  $t_n$  – продолжительность простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой, ч (табл. 3.3). Определение производительности транспортных средств ведется по трем маркам автомобилей ЗИЛ-4362МО, МАЗ-55513, КРАЗ-6510 (табл. 3.2) по маршрутам, выбранным в главе 2. Вид покрытия дорог для определения средней технической скорости выбирается в соответствии с номером строящейся дороги. Для определения простоев за одну езду складываются простои под погрузкой и разгрузкой, приведенные в табл. 3.3. 2. Определим потребное количество автомобилей-самосвалов различных марок, необходимых для перевозки указанного в задании количества груза по всем оптимальным маршрутам:

$$N_l = \frac{q_{ij} L_{\text{пр}_y}}{P_{\text{э}}},$$

где  $N_l$  – количество автомобилей 1 марки;  $q_{ij}$  – количество материалов, предназначенных для перевозки от  $i$  карьера до  $j$  дороги. Для удобства данные и результаты расчетов сводим в табл. 5. Если количество автомобилей, полученное в результате, близко к целому числу (отличие от целого числа не превышает 5 %), можно считать, что потребности соответствующих маршрутов удовлетворены, что соответствует основному требованию условий задачи – максимальному использованию времени работы автомобиля – и отвечает основному требованию, выдвигаемому при организации комплексных бригад однородности подвижного состава на маршруте, при наличии целых чисел для двух или трех марок автомобилей следует отдавать предпочтение большегрузным самосвалам. Если потребное количество автомобилей выражено дробным числом, то соответствующие маршруты следует

объединять по маркам автомобилей таким образом, чтобы получилось целое число потребных самосвалов и чтобы начальные и конечные пункты маршрутов совпали. Это необходимо для того, чтобы переключить автомобиль с маршрута на маршрут в местах погрузки и выгрузки без дополнительных затрат на переезд транспортного средства. Если соблюдение данного правила невозможно, маршруты подбираются таким образом, чтобы узловые пункты были расположены близко друг к другу.

Таблица 5 – Данные и результаты расчетов

| Маршрут     | Объем перевозок по маршруту, т·км | Производительность автосамосвалов, т·км |                  |                   | Количество машин |       |       |
|-------------|-----------------------------------|---|------------------|-------------------|------------------|-------|-------|
|             |                                   | ЗИЛ                                     | МАЗ              | КРАЗ              | ЗИЛ              | МАЗ   | КРАЗ  |
| $K_1D_1$    | $V_{11}$                          | $\Pi_{311}^1$                           | $\Pi_{311}^{11}$ | $\Pi_{311}^{111}$ | $N_1$            | $N_2$ | $N_3$ |
| $K_2D_2$    | $V_{21}$                          | $\Pi_{321}^1$                           | $\Pi_{321}^{11}$ | $\Pi_{321}^{111}$ | $N_1$            | $N_2$ | $N_3$ |
| .....       | .....                             | .....                                   | .....            | .....             | .....            | ..... | ..... |
| $K_iD_j$    | $V_{ij}$                          | $\Pi_{3ij}^1$                           | $\Pi_{3ij}^{11}$ | $\Pi_{3ij}^{111}$ | $N_1$            | $N_2$ | $N_3$ |
| .....       | .....                             | .....                                   | .....            | .....             | .....            | ..... | ..... |
| $K_nD_m$    | $V_{nm}$                          | $\Pi_{3nm}^1$                           | $\Pi_{3nm}^{11}$ | $\Pi_{3nm}^{111}$ | $N_1$            | $N_2$ | $N_3$ |
| Итого _____ |                                   |   |                  |                   |                  |       |       |

3. На заключительном этапе организации работы автомобильного транспорта по перевозке грузов необходимо конкретно определить целесообразные маршруты движения автомобилей и разработать наряд-задание на перевозку грузов. С этой целью необходимо составить заявку, приведенную в табл. 6.

Таблица 6 - Заявка

| Поставщик | Потребитель | Объем перевозок, т | Марка автомобиля | Грузоподъемность, т | Количество ездов |
|-----------|-------------|--------------------|------------------|---------------------|------------------|
|           |             |                    |                  |                     |                  |
|           |             |                    |                  |                     |                  |
|           |             |                    |                  |                     |                  |

Число ездов определяется как:

$$n_{ij} = \frac{q_{ij}}{Q_k},$$

где  $q_{ij}$  - объем перевозок на маршруте  $K_iD_j$ ;  $Q_k$  – грузоподъемность автомобиля  $k$  марки (табл. 2). На основе заявок на перевозку грунта (табл. 6) составляют матрицу (табл. 7). В матрице (табл. 7) указывается количество ездов из карьеров на соответствующие дороги и расстояния между карьерами и дорогами, которые берутся по исходным данным главы 2.

Таблица 7 - Матрица

| Потребители      | Вспомогательная строка, $V$ | Поставщики                   |                      |                      |     |                      | Количество ездов |
|------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|-----|----------------------|------------------|
|                  |                             | $K_1$                        | $K_2$                | $K_3$                | ... | $K_n$                |                  |
|                  |                             | Вспомогательный столбец, $U$ |                      |                      |     |                      |                  |
| $D_1$            |                             | $L_{11}$                     | $L_{21}$<br>$n_{21}$ | $L_{31}$             | ... | $L_{n1}$             | $n_1$            |
| $D_2$            |                             | $L_{12}$                     | $L_{22}$             | $L_{32}$             | ... | $L_{n2}$<br>$n_{n2}$ | $n_2$            |
| $D_j$            |                             | $L_{13}$<br>$n_{13}$         | $L_{23}$<br>$n_{23}$ | $L_{33}$<br>$n_{33}$ | ... | $L_{n3}$             | $n_3$            |
| ...              |                             | ...                          | ...                  | ...                  | ... | ...                  | ...              |
| $D_m$            |                             | $L_{1m}$<br>$n_{1m}$         | $L_{2m}$             | $L_{3m}$<br>$n_{3m}$ | ... | $L_{nm}$             | $n_m$            |
| Количество ездов |                             | $n'_1$                       | $n'_2$               | $n'_3$               | ... | $n'_n$               | $n_\Sigma$       |

Решение этой матрицы на минимум пробега, что необходимо сделать методом потенциалов (см. главу 2), позволяет получить такое распределение порожних ездов автомобиля, при которых их пробег без груза будет минимальным. В результате решения получается оптимальное распределение ездов автомобилей без груза (числа в середине клеток), которое обеспечивает минимальный пробег без груза всех автомобилей, участвующих в планируемых перевозках (табл. 7). После получения оптимального распределения порожних ездов в эту же матрицу вносят план груженых ездов из табл. 6. Для того, чтобы различать груженые и порожние ездки, цифры груженых ездов указывают в скобках (табл. 8). В тех клетках, где имеются две цифры, получаются маятниковые маршруты, количество ездов по которым равно наименьшей цифре  $n$  (см. клетки К2Д2; К2Д3 и т.д. табл. 8). Маятниковые маршруты фиксируются и исключаются из дальнейшего рассмотрения. Когда все маятниковые маршруты найдены в матрице (табл. 8), строят четырехугольные контуры, все вершины которых лежат в загруженных клетках, причем вершины с гружеными ездками должны чередоваться с вершинами с порожними ездками. Каждый из найденных контуров составляет маршрут. Количество оборотов по найденному маршруту определяется наименьшим числом в вершинах контура. Выбранное число ездов из клеток таблицы исключается.

| Потребители      | Вспомогательная строка, $V$ | Поставщики                   |                                   |                                   |     |                          | Количество ездов |
|------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|--------------------------|------------------|
|                  |                             | К <sub>1</sub>               | К <sub>2</sub>                    | К <sub>3</sub>                    | ... | К <sub>n</sub>           |                  |
|                  |                             | Вспомогательный столбец, $U$ |                                   |                                   |     |                          |                  |
| Д <sub>1</sub>   |                             | $L_{11}$<br>( $n_{11}$ )     | $L_{21}$<br>$n_{21}$              | $L_{31}$                          | ... | $L_{n1}$                 | $n_1$            |
| Д <sub>2</sub>   |                             | $L_{12}$                     | $L_{22}$<br>( $n_{22}$ )          | $L_{32}$                          | ... | $L_{n1}$<br>$n_{n1}$     | $n_2$            |
| Д <sub>3</sub>   |                             | $L_{13}$<br>$n_{13}$         | $L_{23}$<br>( $n_{23}$ ) $n_{23}$ | $L_{33}$<br>( $n_{33}$ ) $n_{33}$ | ... | $L_{n1}$                 | $n_3$            |
| ...              | ...                         | .....                        | ...                               | ...                               | ... | .....                    | ...              |
| Д <sub>m</sub>   |                             | $L_{1m}$<br>$n_{1m}$         | $L_{2m}$                          | $L_{3m}$<br>( $n_{3m}$ ) $n_m$    | ... | $L_{nm}$<br>( $n_{nm}$ ) | $n_m$            |
| Количество ездов |                             | $n'_1$                       | $n'_2$                            | $n'_3$                            | ... | $n'_n$                   | $n_\Sigma$       |

4. После определения маршрутов движения проводят расчет маршрутов-заданий водителям. Это делается с помощью табл. 3.9, где указаны обозначения каждого пункта отправления и получения груза. Табл. 3.9 построена так же, как часть путевого листа, где записывают задание водителю. Количество ездов одного автомобиля по данному маршруту за рабочий день определяется по формуле:

$$n = \frac{t_{cm} K_{ва}}{t_{m\Sigma}},$$

где  $t_{cm}$  – продолжительность смены работы автомобиля, ч;  $K_{ва}$  – коэффициент внутрисменного использования автомобиля (применяется  $K_{ва} = 0,8$ );  $t_{m\Sigma}$  – общее время нахождения автомобиля на заданном маршруте, ч:

$$t_{m\Sigma} = t_m + \Sigma t_{погр} + \Sigma t_{разгр};$$

$$t_m = \frac{L_m \Sigma}{V_{cm}},$$

где  $t_m$  – общее время движения по маршруту, ч;  $L_m \Sigma$  – суммарная протяженность маршрута, км;  $V_{cm}$  – среднетехническая скорость движения автомобиля (табл. 1);  $\Sigma t_{погр}$  – суммарное время простоя при погрузке, ч (табл. 2; 3);  $\Sigma t_{разгр}$  – суммарное время простоя при разгрузке, ч (табл. 2; 3). Округление числа ездов на маршруте до целых чисел целесообразно делать в сторону уменьшения. Это дает возможность в определенной мере учитывать время, необходимое для нулевых пробегов автомобиля. Полученное количество ездов записывается в столбец 7 (табл. 9). При этом учитывается, что из ДСУ на первый пункт погрузки и с последнего пункта выгрузки в ДСУ автомобиль делает только по одной езде. Число последних ездов без груза на каждом маршруте всегда меньше на одну, чем число



погрузкой в автотранспорт). Осуществляют подбор экскаваторов по производительности с учетом соответствия максимальной в соты подъема ковша – высоте борта самосвала (табл. 4):

$$P_{\text{эп}} = \frac{V_i}{K_{\text{вз}} \gamma_{\Gamma} t_{\text{см}}}$$

По результатам расчетов делается заключение о марках экскаваторов, которые целесообразно применять в каждом карьере.

Форма отчетности: отчет

Дополнительная литература  
[4,5,8]

### Практическая работа № 5.

Тема: Оптимизация расстановок машин по участкам работ по критерию времени

Цель работы: оптимизировать расстановку машин по участкам работ по критерию времени

Ход работы:

Последовательность намывных работ не нарушается от изменения очередности освоения частных фронтов. Выбор рациональной очередности ведения работ производится с помощью алгоритма Афанасьева-Джонсона. Исходная матрица, состоящая из 4 частных потоков, разбивается на 3 парных подматрицы.

$$M_{\text{исх}} = \begin{pmatrix} A & B & B & \Gamma \\ 1 & 7 & 11 & 7 & 5 \\ 2 & 8 & 11 & 18 & 5 \\ 3 & 13 & 11 & 32 & 5 \\ 4 & 20 & 11 & 42 & 5 \\ 5 & 16 & 11 & 32 & 5 \\ 6 & 5 & 11 & 17 & 5 \end{pmatrix}.$$

$$M_1 = \begin{pmatrix} A & B \\ 1 & 7 & 11 \\ 2 & 8 & 11 \\ 3 & 13 & 11 \\ 4 & 20 & 11 \\ 5 & 16 & 11 \\ 6 & 5 & 11 \end{pmatrix}; M_2 = \begin{pmatrix} B & B \\ 1 & 11 & 7 \\ 2 & 11 & 18 \\ 3 & 11 & 32 \\ 4 & 11 & 42 \\ 5 & 11 & 32 \\ 6 & 11 & 17 \end{pmatrix}; M_3 = \begin{pmatrix} B & \Gamma \\ 1 & 7 & 5 \\ 2 & 18 & 5 \\ 3 & 32 & 5 \\ 4 & 42 & 5 \\ 5 & 32 & 5 \\ 6 & 17 & 5 \end{pmatrix}.$$

Оптимизация по подматрице M1 Определяем по правилу Джонсона оптимальную очередность освоения частных фронтов:

$$M_{\text{луч.}} = \begin{pmatrix} A & B \\ 1 & 7 & 11 \\ 2 & 8 & 11 \\ 3 & 13 & 11 \\ 4 & 20 & 11 \\ 5 & 16 & 11 \\ 6 & 5 & 11 \end{pmatrix}; M_{\text{лонм.}} = \begin{pmatrix} A & B \\ 6 & 5 & 11 \\ 1 & 7 & 11 \\ 2 & 8 & 11 \\ 4 & 20 & 11 \\ 5 & 16 & 11 \\ 3 & 13 & 11 \end{pmatrix}.$$

В соответствии с методом Афанасьева принимаем эту подматрицу за генеральную, определяющую очередность работ, и вычисляем по ней периоды развертывания и общую

продолжительность работ

$$M_{ген(1)} = \begin{array}{c} 6 \\ 1 \\ 2 \\ 4 \\ 5 \\ 3 \\ \Sigma \end{array} \left\| \begin{array}{cccc} A & B & B & \Gamma \\ 5 & 11 & 17 & 5 \\ 7 & 11 & 7 & 5 \\ 13 & 11 & 18 & 5 \\ 20 & 11 & 42 & 5 \\ 16 & 11 & 32 & 5 \\ 13 & 11 & 32 & 5 \\ 69 & 66 & 148 & 30 \end{array} \right\| ;$$

$T_{раз} = 14 \ 11 \ 123$

Тообщ 1 = 14+11+123+30=178 расч.дней.

Таким образом, при данной очередности освоения частных фронтов общая длительность производства работ сокращается на 10 расчетных дней. Оптимизация по подматрице M2

$$M_{2уч.} = \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} \left( \begin{array}{cc} B & B \\ 11 & 7 \\ 11 & 18 \\ 11 & 32 \\ 11 & 42 \\ 11 & 32 \\ 11 & 17 \end{array} \right) ; M_{2онм.} = \begin{array}{c} 6 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \\ 4 \\ 1 \end{array} \left( \begin{array}{cc} B & B \\ 11 & 17 \\ 11 & 18 \\ 11 & 32 \\ 11 & 32 \\ 11 & 42 \\ 11 & 7 \end{array} \right) ;$$

$$M_{ген(2)} = \begin{array}{c} 6 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \\ 4 \\ 1 \\ \Sigma \end{array} \left\| \begin{array}{cccc} A & B & B & \Gamma \\ 5 & 11 & 17 & 5 \\ 8 & 11 & 18 & 5 \\ 13 & 11 & 32 & 5 \\ 16 & 11 & 32 & 5 \\ 20 & 11 & 42 & 5 \\ 7 & 11 & 7 & 5 \\ 69 & 66 & 148 & 30 \end{array} \right\|$$

$T_{раз.} = 18 \ 11 \ 123$

$T_{общ(2)} = 18+11+123+30 = 182$  расч. дн.

Таким образом, этот вариант дает худший результат. Оптимизация по подматрице M3

$$M_{3уч.} = \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} \left( \begin{array}{cc} B & \Gamma \\ 7 & 5 \\ 18 & 5 \\ 32 & 5 \\ 42 & 5 \\ 32 & 5 \\ 17 & 5 \end{array} \right) ; M_{3онм.} = \begin{array}{c} 4 \\ 3 \\ 5 \\ 2 \\ 6 \\ 1 \end{array} \left( \begin{array}{cc} B & \Gamma \\ 42 & 5 \\ 32 & 5 \\ 32 & 5 \\ 18 & 5 \\ 17 & 5 \\ 7 & 5 \end{array} \right) ;$$

$$M_{ген(3)} = \begin{array}{c} 4 \\ 3 \\ 5 \\ 2 \\ 6 \\ 1 \\ \Sigma \end{array} \left\| \begin{array}{cccc} A & B & B & \Gamma \\ 20 & 11 & 42 & 5 \\ 13 & 11 & 32 & 5 \\ 16 & 11 & 32 & 5 \\ 8 & 11 & 18 & 5 \\ 5 & 11 & 17 & 5 \\ 7 & 11 & 7 & 5 \\ 69 & 66 & 148 & 30 \end{array} \right\|$$

$$T_{разв.} = 27 \ 11 \ 123$$

$$T_{общ(2)} = 27+11+123+30 = 191 \text{ расч. дн.}$$

Третий вариант дает худший результат (чем исходный). Таким образом, наиболее оптимальным вариантом очередности освоения фронтов является вариант Мген(1) с последовательностью 6-1-2-4-5-3. Календарный сетевой график потока с непрерывным использованием ресурсов, оптимизированного по параметру времени, показан на рис.3. В табл. 1 приведены данные оптимизации потока с непрерывным использованием ресурсов по параметру времени, рассчитанные на ЭВМ.

Таблица 1 – Оптимальные очередности освоения рабочих фронтов для потока с непрерывным использованием ресурсов

| Общая продолжительность поточных работ (дн.) | Очередности освоения фронтов  |
|--|---|
| 178  | 6-1-2-4-5-3<br>3-1-2-5-6-4<br>2-3-1-5-6-4<br>2-5-1-3-6-4<br>2-1-3-5-6-4<br>и т.д., всего 125 очередей |

Из числа указанных вариантов, дающих одну и ту же продолжительность поточных работ, могут быть выбраны очередности, наиболее удобные по технологическим соображениям.

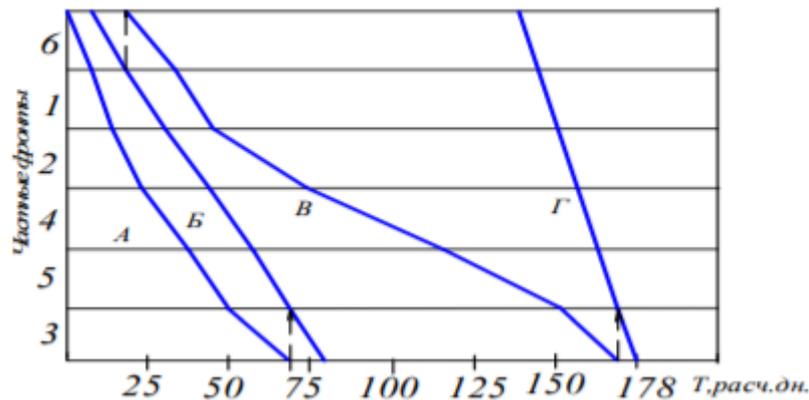


Рис. 3. Сетевой календарный график потока с непрерывным использованием ресурсов, оптимизированного по параметру времени

Форма отчетности: отчет

Дополнительная литература:  
[4,5,8]

## 9.2. Методические указания по выполнению курсовой работы.

Выполнение обучающимися курсовой работы производится с целью:

- 1) систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;
- 2) углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- 3) формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- 4) формирования умений использовать справочную, нормативную документацию;

5) развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

Тематика курсовых проектов разрабатывается преподавателем.

Курсовая работа носит практический характер, который состоит из:

1) введения, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формулируются цели и задачи работы;

3) основной части, которая обычно состоит из двух разделов: в первом разделе содержатся теоретические основы разрабатываемого приложения; вторым разделом является практическая часть, которая представлена расчетами, графиками, таблицами, схемами, формами и т.п.;

4) заключения, в котором содержатся выводы и рекомендации относительно возможностей практического применения материалов работы;

5) списка используемой литературы;

б) приложения.

Во введении (объемом 2-3 страницы) раскрывается актуальность и новизна темы, ее научная и практическая значимость, основные направления исследования, формулируются цели и задачи исследования, указываются предмет и объект исследования, а также характеризуются источники и материалы, использованные в процессе исследования.

Основная часть курсовой работы, как правило, состоит из теоретического и практического разделов. Основная часть должна содержать данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненного исследования:

- выбор направления исследования, включающий обоснование принятого направления исследования, метода решения задач и их сравнительную оценку, разработку общей методики исследования;

- теоретические и (или) экспериментальные исследования, включающие определение характера и содержания теоретических исследований, методов исследований;

- обобщения и оценку результатов исследования, включающие оценку полноты решения поставленной задачи

Основную часть курсовой работы следует делить на разделы. Разделы основной части могут делиться на пункты или на подразделы и пункты. Пункты при необходимости могут делиться на подпункты. Каждый подпункт должен содержать законченную информацию.

Заключение (объемом не менее 2 страниц) должно содержать итоги работы, выводы, полученные в ходе работы, разработку рекомендаций по конкретному использованию результатов курсовой работы. Заключение должно быть кратким, обстоятельным и соответствовать поставленным целям и задачам.

Оформление курсовой работы: объем отчёта должен составлять 30-35 страниц печатного текста. Следует придерживаться следующих параметров оформления отчёта: формат листа отчёта – А4, размеры полей: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу 20 мм. Шрифт Times New Roman, кегль 14. Абзацный отступ – 1,5 см, выравнивание абзаца – по ширине, межстрочный интервал – полуторный. Текст печатается только на одной стороне листа. Страницы должны быть пронумерованы внизу страницы справа. Нумерация страниц – сквозная для всего отчёта, на первом (титальном) листе номер не ставится.

Курсовая работа должна быть правильно оформлена, написана грамотно и аккуратно. Начинать работу нужно с тщательного изучения дисциплины в объеме программы. Далее необходимо подобрать соответствующий литературный и практический материал. В процессе написания можно привлечь дополнительную литературу. Не возбраняется использование переработанных данных электронных ресурсов. Работа должна быть логичной, научной по своему содержанию; в ней в систематизированной форме должны быть изложены материалы проведенного исследования и его результаты.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – преподаватель использует для:

- получения информации при подготовке к лабораторным работам;
- создания презентационного материала для лабораторных работ;
- ОС Windows 7 Professional (Microsoft Imagine Premium)
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN NO Level
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security
- ПО "Антиплагиат".

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| <i>Вид занятия</i> | <i>Наименование аудитории</i>               | <i>Перечень основного оборудования</i>                                       | <i>№ ЛР, ПЗ</i> |
|--------------------|---|--|-----------------|
| 1                  | 2   | 3  | 4               |
| ЛР                 | дисплейный класс с доступом к сети интернет | ПК класса Пентиум – 10 шт.,<br>программный комплекс<br>Microsoft Excel, Word | № 1- № 4        |
| ПЗ                 | дисплейный класс с доступом к сети интернет | ПК класса Пентиум – 10 шт.,<br>программный комплекс<br>Microsoft Excel, Word | № 1- № 5        |
| Лк                 | дисплейный класс с доступом к сети интернет | ПК класса Пентиум – 10 шт.,<br>программный комплекс<br>Microsoft Excel, Word |                 |
| КР                 | дисплейный класс с доступом к сети интернет | ПК класса Пентиум – 10 шт.,<br>программный комплекс<br>Microsoft Excel, Word | -               |
| СР                 | ЧЗ-1  | -  | -               |

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

| №<br>Компе-<br>тенции  | Элемент<br>компетенции   | Раздел   | ФОС                      |
|--|--|--|--------------------------|
| ПСК-2.7  | Способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ        | 1. Тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации. | Вопросы к экзамену 1 – 3 |
| 2. Основные характеристики и технико-экономические показатели комплексной механизации строительства. |  | Вопросы к экзамену 1 – 5   |                          |
| 3. Организация работы парка строительных машин.  |  | Вопросы к экзамену 6 – 7   |                          |
| 4. Организация строительного производства  |  | Вопросы к экзамену 8 – 9   |                          |
| 5. Области эффективного применения машин и выбор целесообразных вариантов механизации.               |  | Вопросы к экзамену 10 – 11   |                          |
| ПК-10  | способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического и оборудования | 6. Комплексная механизация основных видов работ.                     | Вопросы к экзамену 12    |
| 7. Содержание, модели и методы решения задач оптимального планирования механизации.                  |  | Вопросы к экзамену 13 – 14   |                          |
| 8. Основы комплексной автоматизации строительства.   |  | Вопросы к экзамену 15 – 18   |                          |
| 9. Основы механовооруженности строительства.   |  | Вопросы к экзамену 19  |                          |
| 10. Расчет состава и структуры машинных парков.  |  | Вопросы к экзамену 20 – 22   |                          |

## 2. Экзаменационные вопросы

| № п/п | Компетенции |  | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ  | № и наименование раздела  |
|-------|-------------|--|--|---|
|       | Код         | Определение  |  |   |
| 1     | 2           | 3  | 4  | 5   |
| 1.    | ПСК-2.7     | Способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ        | <p>1 Современное состояние науки о комплексной механизации СДМ</p> <p>2 Тенденции науки о комплексной механизации СДМ</p> <p>3 Перспективы развития науки о комплексной механизации СДМ</p> <p>4 Основные характеристики комплексной механизации СДМ</p> <p>5 Техничко-экономические показатели комплексной механизации СДМ</p> <p>6 Организационные формы управления строительством РФ</p> <p>7 Принципы управления предприятием механизации.</p> <p>8 Формирование неритмичного потока комплексно-механизированных работ.</p> <p>9 Расчет экономической эффективности поточного производства.</p> <p>10 Выбор типа скреперов</p> <p>11 Формирование рабочих отрядов скрепер-толкач</p> | <p>1. Тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации.</p> <p>2. Основные характеристики и технико-экономические показатели комплексной механизации строительства.</p> <p>3. Организация работы парка строительных машин.</p> <p>4. Организация строительного производства</p> <p>5. Области эффективного применения машин и выбор целесообразных вариантов механизации.</p> |
| 2.    | ПК-10       | способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического и оборудования | <p>12 Оптимизация использования транспортных средств при комплексной механизации и автоматизации СДМ.</p> <p>13 Оптимальное распределение парка машин по объектам строительства и участкам работ.</p> <p>14 Построение математической модели. Расчет модели на ЭВМ.</p> <p>15 Основы комплексной автоматизации строительства.</p>  | <p>6. Комплексная механизация основных видов работ.</p> <p>7. Содержание, модели и методы решения задач оптимального планирования механизации.</p> <p>8. Основы комплексной</p>   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  | <p>16 Классификация систем автоматического управления (САУ) положением рабочего органа дорожно-строительных машин.</p> <p>17 Автоматизация моделирования комплектов машин.</p> <p>18 Имитационное моделирование процесса функционирования больших и малых комплексов машин, выработка оптимальных проектных решений. Автоматизация расчетов в процессе проектирования.</p> <p>19 Составление плана комплексной механизации. Определение потребности в основных машинах и необходимой поставки для пополнения парка.</p> <p>20 Расчет рациональной структуры парка машин. Формирование и расчет оптимального состава парка машин строительно-дорожных организаций.</p> <p>21 Основы автоматизированного проектирования машинных парков строительных и дорожных машин.</p> <p>22 Расчет экономической эффективности машинных парков.</p> | <p>автоматизации строительства.</p> <p>9. Основы механовооруженности строительства.</p> <p>10. Расчет состава и структуры машинных парков.</p> |
|--|--|--|--|

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

| Показатели  | Оценка         | Критерии  |
|---|----------------|---|
| <p><b>Знать:</b><br/>(ПСК-2.7)<br/>методики и требования к разработке и применению технологической документации для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ<br/>(ПК-10)<br/>нормы разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> | <b>отлично</b> | Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он демонстрирует полное освоение теоретического содержания дисциплины; представляет практические навыки работы на учебных стендах учетом основных требований безопасности; все учебные задания выполнены правильно, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. |
| <p><b>Уметь:</b><br/>(ПСК-2.7)<br/>Разрабатывать и применять на практике технологическую документацию для</p>   | <b>хорошо</b>  | Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если в усвоении учебного материала им допущены небольшие пробелы, не искажившие  |

|  |                            |   |
|--|----------------------------|---|
| <p>эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;<br/>(ПК-10)<br/>разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> <p><b>Владеть:</b><br/>(ПСК-2.7)<br/>основными методиками и требованиями к разработке и применению технологической документации для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ.<br/>(ПК-10) - навыками разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> |                            | содержание ответа; допущены один – два недочета в формировании навыков решений практических задач.  |
|  | <b>удовлетворительно</b>   | Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если в его ответе содержание теоретического материала раскрыто неполно, но показано общее понимание вопроса и                 |
|  | <b>неудовлетворительно</b> | обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний основных понятий конструкций наземных транспортно-технологических систем, навыков решения практических задач на учебных стендах. |

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Изучение дисциплины «Комплексная механизация строительства» охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам:

1. Основные характеристики и технико-экономические показатели комплексной механизации строительства.
2. Области эффективного применения машин и выбор целесообразных вариантов механизации.
3. Комплексная механизация основных видов работ.
4. Содержание, модели и методы решения задач оптимального планирования механизации.

Закрепление всех вопросов, рекомендуемых для лабораторных работ, а также при подготовке к экзамену, требует основательной самостоятельной подготовки. Учитывая значимость самостоятельной работы, литература, вопросы для самопроверки - в разделах «Практическая работа» и «Фонд оценочных средств».

Работа с литературой является обязательной. При этом приветствуется привлечение дополнительных источников из Интернета. В случае возникновения определенных вопросов, обучающийся может обратиться к преподавателю за консультацией как на лабораторных работах, так и во время индивидуальных консультаций.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в виде лекций, лабораторных работ в сочетании с внеаудиторной работой.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Комплексная механизация строительства**

### 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является подготовка будущего инженера к решению профессиональных, научно-технических задач в сфере теории и современных методов проектирования комплексной механизации, автоматизации и механовооруженности строительства на основе системного подхода, широкого использования экономико-математических методов, моделей и средств автоматизации для выработки обоснованных решений; участие в составе коллектива исполнителей в разработке технических условий на техническое описание наземных транспортно-технологических машин; участие в составе коллектива исполнителей в осуществлении поверки основных средств измерений при эксплуатации наземных транспортно-технологических машин; участие в составе коллектива исполнителей в организации эксплуатации наземных транспортно-технологических машин и их технологического оборудования.

Задачей изучения дисциплины является: изучение основ теории комплексной механизации, автоматизации и механовооруженности наземных транспортно-технологических машин, освоение технологии комплектования наземных транспортно-технологических машин, изучение методов формирования оптимальных комплектов, комплексов и парков наземных транспортно-технологических машин в условиях различной определенности и их оптимальное использование, освоение методов оптимального насыщения фронта работ средствами механизации, изучение методов прогнозирования и экономической оценки комплексной механизации.

### 2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 34 час., ЛР-17 час., ПЗ-17 час., СР – 22 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа, 2 зачетных единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 Тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации.
- 2 Основные характеристики и технико-экономические показатели комплексной механизации строительства.
- 3 Организация работы парка строительных машин.
- 4 Организация строительного производства.
- 5 Области эффективного применения машин и выбор целесообразных вариантов механизации.
- 6 Комплексная механизация основных видов работ.
- 7 Содержание, модели и методы решения задач оптимального планирования механизации.
- 8 Основы комплексной автоматизации строительства.
- 9 Основы механовооруженности строительства.
- 10 Расчет состава и структуры машинных парков.

### 3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПСК-2.7 – способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;

ПК-10 - способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического и оборудования

**4. Вид промежуточной аттестации:** курсовая работа, экзамен.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры СДМ №\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

*1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)*

| № компетенции | Элемент компетенции  | Раздел  | Тема   | ФОС                          |
|---------------|--|---|--|------------------------------|
| ПК-10         | способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического и оборудования | 1 Тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации.                                 | 1.1 Содержание курса и его связь с другими учебными дисциплинами.<br>1.2 Современное состояние, тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации, автоматизации и механовооруженности строительства.   | Вопросы к коллоквиуму 1-2    |
|               |  | 2 Основные характеристики и технико-экономические показатели комплексной механизации строительства. | 2.1 Особенности работы комплектов машин.<br>2.2 Взаимодействие ведущих машин в комплекте.  | Отчет по лабораторной работе |
|               |  | 3 Организация работы парка строительных машин   | 3.1 Организационные формы управления строительством в РФ.<br>3.2 Принципы управления предприятиями механизации   | Вопросы к коллоквиуму 5-6    |
|               |  | 4 Организация строительного производства.   | 4.1 Организация строительного производства. ПОС и ППР.<br>4.2 Технологические карты.<br>4.3 Основы поточной организации строительного производства.<br>4.4 Формирование и расчет строительных потоков.   | Вопросы к коллоквиуму 7-10   |
| ПСК-2.7       | способность разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств   | 5 Области эффективного применения машин и выбор целесообразных вариантов механизации.               | 5.1 Принципы подбора комплектов машин.<br>5.2 Методика выбора комплектов машин и оценка вариантов комплексной механизации.<br>5.3 Определение области эффективного применения комплектов машин, осуществляющих совместно строительные и транспортные процессы. | Отчет по лабораторной работе |
|               |  | 6 Комплексная механизация основных  | 6.1 Комплексная механизация земляных работ.<br>6.2 Комплексная механизация   | Вопросы к коллоквиуму 14-16  |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| механизации и автоматизации и подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ | видов работ.  | погрузочно-разгрузочных работ.<br>6.3 Комплексная механизация подъемно-транспортных, монтажных работ и бетонных работ.   |  |
|  | 7 Содержание, модели и методы решения задач оптимального планирования механизации   | 7.1 Оптимальное распределение парка машин по объектам строительства и участкам работ. Постановка задачи.<br>7.2 Критерии оптимальности. Исходные материалы. Построение математической модели.<br>7.3 Расчет модели на ЭВМ.   | Отчет по лабораторной работе, контрольная работа |
|  | 8 Основы комплексной автоматизации строительства.   | 8.1 Основы комплексной автоматизации строительства.<br>8.2 Агрегатированные комплекты аппаратуры (АКА).<br>8.3 Состав и возможности, информационное, техническое и программное обеспечение автоматизированных систем проектирование и управления комплексной механизации строительства.<br>8.4 Классификация систем автоматического управления (САУ) положением рабочего органа дорожно-строительных машин.<br>8.5 Автоматизация моделирования комплектов машин.<br>8.6 Имитационное моделирование процесса функционирования больших и малых комплексов машин, выработка оптимальных проектных решений.<br>8.7 Автоматизация расчетов в процессе проектирования. | Контрольная работа                               |
|  | 9 Основы механовооруженности строительства.   | 9.1 Составление плана комплексной механизации.<br>9.2 Определение потребности в основных машинах и необходимой поставки для пополнения парка.  | Контрольная работа                               |
| 10 Расчет состава и структуры машинных парков.                                     | 10.1 Расчет рациональной структуры парка машин.<br>10.2 Формирование и расчет оптимального состава парка машин строительно-дорожных организаций.<br>10.3 Основы автоматизированного проектирования машинных парков строительных и дорожных машин. | Контрольная работа   |  |

**2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций**

| <b>Показатели</b>   | <b>Оценка</b>            | <b>Критерии</b>   |
|---|--------------------------|---|
| <p><b>Знать</b><br/>ПК-10:<br/>- нормы разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> <p>ПСК-2.7:<br/>- основы технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;</p> <p><b>Уметь</b><br/>ПК-10:<br/>- разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> <p>ПСК-2.7:<br/>- разрабатывать технологическую документацию для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ;</p> | <b>отлично</b>           | Обучающийся продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков: умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их при выполнении практического задания; отвечал самостоятельно без наводящих вопросов преподавателя. Структура оформления контрольной работы соблюдена.  |
|   | <b>хорошо</b>            | При защите контрольной работы обучающийся допустил небольшие пробелы, не искавшие логического и информационного содержания ответа: один-два недочета при освещении основного содержания, исправленные по замечанию преподавателя; при ответе на дополнительные вопросы допущено не более 2-3 ошибок. Структура оформления контрольной работы соблюдена.   |
|   | <b>удовлетворительно</b> | Содержание материала раскрыто не полностью, но показано общее понимание темы контрольной работы, продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала, обучающийся продемонстрировал затруднения или допустил ошибки в определении понятий, использовании терминологии, блок-схем и выкладках, исправленные после нескольких наводящих вопросов преподавателя; при проверке знаний теоретического материала выявлена недостаточная сформированность основных умений и навыков. При оформлении контрольной работы допущены ошибки. |

|   |                                   |  |
|---|-----------------------------------|--|
| <p><b>Владеть</b><br/>ПК-10:<br/>- навыками разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;<br/>ПСК-2.7:<br/>- способами разработки технологической документации для производства, модернизации, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ.</p> | <p><b>неудовлетворительно</b></p> | <p>Не раскрыто основное содержание контрольной работы, обнаружено незнание или непонимание обучающимся большей или наиболее важной части учебного материала. При дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения контрольной работы.</p> |
|---|-----------------------------------|--|

### **Вопросы для коллоквиумов, собеседования**

по дисциплине Б1.В.10 Комплексная механизация строительства

#### **Раздел 1**

- 1 Содержание курса и его связь с другими учебными дисциплинами.
- 2 Современное состояние, тенденции и перспективы развития науки о комплексной механизации, автоматизации и механовооруженности строительства.

#### **Раздел 3**

- 1 Организационные формы управления строительством в РФ
- 2 Принципы управления предприятиями механизации

#### **Раздел 4**

- 1 Организация строительного производства. ПОС и ППР.
- 2 Технологические карты
- 3 Основы поточной организации строительного производства
- 4 Формирование и расчет строительных потоков.

#### **Раздел 6**

- 1 Комплексная механизация земляных работ
- 2 Комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ
- 3 Комплексная механизация подъемно-транспортных, монтажных работ и бетонных работ.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 23.05.01. Наземные транспортно-технологические средства от «11» августа 2016г. № 1022

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413, заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413,

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413,

**для набора 2017 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413, заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413,

**для набора 2018 года** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413, заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413.

**Программу составил:**

Зеньков Сергей Алексеевич, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СДМ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г., протокол № \_\_

И.о. заведующего кафедрой СДМ

К.Н. Фигура

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего кафедрой СДМ

К.Н. Фигура

Директор библиотеки

Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией МФ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г., протокол № \_\_

Председатель методической комиссии МФ

Г.Н.Плеханов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления

Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_



