

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
“БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ”

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Самусенко В.И.

ОПТИМИЗАЦИЯ УБОРКИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Учебно-методические указания для выполнения
практической работы №20

по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»
студентам инженерно-технологического института
по направлению подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»

Брянская область, 2024

УДК 631.55:631.35 (076)
ББК 41.47:40.72
С 17

Самусенко, В. И. Оптимизация уборки овощных культур: учебно-методические указания для выполнения практической работы №20 по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка» студентам инженерно-технологического института по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / В. И. Самусенко. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2024. - 45 с.

Учебно-методические указания предназначены для освоения студентами современных методов оптимального проектирования производственных процессов по уборке овощных культур. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензенты: к.т.н., доцент Лабух В.М., к.т.н., доцент Будко С.И.

Рекомендовано к изданию методической комиссией Инженерно-технологического института Брянского ГАУ от 26 марта 2024 г., протокол №8.

© Брянский ГАУ, 2024

© Самусенко В.И., 2024

Содержание

ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	5
ПРИМЕР РАСЧЕТА ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ №26	18
ОТЧЕТ	29
ПРИМЕР РАСЧЕТА УБОРКИ ЛУКА РЕПЧАТОГО	30
ОТЧЕТ	42
ЛИТЕРАТУРА	44

Цель задания — освоение студентами современных методов оптимального проектирования производственных процессов по уборке овощных культур.

Содержание задания

1. Выписать из таблицы 20.1 исходные данные по соответствующему варианту задания.

Таблица 20.1 - Варианты заданий

№ варианта	Культура	Длина гона, м	Площадь поля, га	Урожайность, т/га	Расстояние перевозки, км
1	Лук репчатый	180	3	28	8
2		250	4	20	10
3		350	5	34	9
4		500	4	28	8
5		600	3	25	7
6		550	4	30	6
7	Морковь и свекла столовая	280	5	18	8
8		450	6	20	10
9		250	4	24	9
10		550	7	28	8
11		650	8	25	7
12		700	9	26	11
13	Капуста белокочанная	380	13	28	8
14		480	14	30	10
15		570	15	42	9
16		520	24	48	8
17		400	23	35	7
18		330	18	33	6
19		620	22	42	11
20	Томаты	150	15	25	7
21		260	10	44	10
22		360	12	36	9
23		430	25	28	8
24		550	26	30	7
25		390	21	34	4
26		470	28	38	6

Примечание. Исходные данные могут быть изменены преподавателем с учетом местных природно-производственных условий.

2. Выбрать эффективную технологию уборки заданной овощной культуры.
3. Изложить основные агротехнические требования.

4. Выбрать эффективные ресурсосберегающие агрегаты и дать рекомендации по их комплектованию.

5. Определить общее требуемое число агрегатов каждого вида.

6. Определить оптимальные составы уборочно-транспортных звеньев и обеспечить их эффективную работу.

7. Кратко изложить методику контроля качества работы уборочных агрегатов.

Методические указания

Овощные культуры занимают важное место в общей системе питания людей как основные источники витаминов и микроэлементов. В связи с этим овощеводством занимаются почти повсеместно в той или иной форме. Все овощные культуры (более **70** видов) подразделяют на следующие группы:

- луковичные (лук репчатый, лук-батун, шнитт-лук, лук-порей, чеснок);
- корнеплодные семейства зонтичных (морковь, пастернак, сельдерей), маревых (свекла столовая), крестцовых (брюква, редька, репа, редис);
- капустные (капуста кочанная, цветная, савойская, кольраби);
- плодовые растения семейства пасленовых (томаты, перец, баклажаны), тыквенных (огурцы, кабачки, патиссоны), бобовых (горох, фасоль, бобы);
- листовые (салат, укроп, щавель, шпинат).

Под овощные культуры заняты значительные площади приблизительно в следующих соотношениях: капуста — **25%**, томаты — **24%**, корнеплоды — **15%**, луковичные культуры — **12%**, огурцы — **11%**, бобовые культуры — **5%**, другие овощные культуры — **8%**.

С учетом приведенных объемов производства и достигнутого уровня механизации уборочных работ в пределах данного задания рассматриваются наиболее распространенные овощные культуры, такие как лук репчатый, морковь, свекла столовая, капуста кочанная, томаты.

При уборке столовой свеклы частично можно воспользоваться также методами, изложенными в задании 19 для сахарной свеклы. Уборка перечисленных

культур отличается наибольшими объемами работ при высоком уровне затрат труда и финансовых ресурсов. Кроме того, уборочные работы во многих регионах приходится выполнять в сложных погодных условиях. В связи с этим актуальное значение имеет разработка методов высокоэффективного использования уборочных средств на основе современных методов моделирования сложных производственных процессов с учетом вероятностного характера изменения действующих факторов.

Эффективную технологию уборки овощной культуры можно выбрать с учетом следующих общих положений. Овощи в целом выращивают двумя способами: в **открытом грунте** (полевое овощеводство) и в **защищенном**, или закрытом, грунте (тепличное овощеводство). В пределах данного задания рассматриваются вопросы полевого овощеводства, характеризующиеся небольшими объемами работ и высоким уровнем механизации уборочных работ.

Особенности технологии уборки лука репчатого

Основным для механизированной уборки лука-репки является **двухфазный** способ, который аналогичен уборке картофеля отдельным способом.

В **первой** фазе лук выкапывают копателем и укладывают в валки для подсушивания, созревания и улучшения показателей сохранности урожая.

Вторая фаза уборки предусматривает подбор валков с отделением примесей и выгрузку урожая на ходу в кузов идущего рядом транспортного средства.

Возможна и **однофазная** уборка лука при предварительном скашивании ботвы. При этом урожай лука после выкапывания доставляют сразу в помещение для искусственной сушки. Последующая обработка лука репчатого в общем случае предусматривает отделение пера и очистку, а также сортирование на фракции по размерам.

Двухфазный способ уборки более эффективен при благоприятных погодных условиях для подсушивания валков, а однофазный — в более сложных погодных условиях.

Особенности технологии уборки моркови

Механизированная уборка моркови осуществляется в основном машинами теребивильного типа в такой технологической последовательности. Ботвоприемники поднимают лежащие на земле листья ботвы, формируют из них пучки и подают в устье теребивильных ремней, которые извлекают подкопанные лемехом корнеплоды из почвы. Затем ботва отделяется с последующим сбросом на убранное поле, а очищенные корнеплоды выгружаются на ходу в кузов идущего рядом транспортного средства. Послеуборочная обработка моркови производится на стационарном пункте и включает доочистку, сортирование и доведение до стандарта. По аналогичной технологии убирают столовую свеклу с использованием в основном одних и тех же агрегатов и машин, что исключает необходимость самостоятельного рассмотрения этой технологии.

Особенности технологии уборки капусты кочанной

Сплошная механизированная уборка характерна для средних и поздних сортов капусты кочанной. При этом в процессе движения капустоуборочного комбайна (агрегата) кочаны срезаются и перемещаются для последующей обработки и выгрузки на ходу в кузов идущего рядом транспортного средства.

В зависимости от типа комбайна возможны два варианта технологии уборки:

- доведение кочанов до товарного вида рабочими-переборщиками на самом агрегате в процессе движения с последующей выгрузкой на ходу в кузов идущего рядом транспортного средства;

- выгрузка кочанов с зеленым листом в кузов идущего рядом транспортного средства с последующей перевозкой на пункт послеуборочной доработки для доведения до требуемых стандартов.

В зависимости от состояния урожая, природно-производственных условий, наличия требуемых машин и агрегатов, а также условий реализации урожая применяют наиболее эффективный вариант технологии.

Особенности технологии уборки томатов

Наиболее высокий уровень механизации уборки томатов имеет место при сплошной разовой уборке всего урожая томатоборочными комбайнами в основном для консервирования.

В данном случае используют также две технологические схемы уборки:

- по поточной технологии без сортирования плодов на комбайне с последующей доработкой на стационарном сортировальном пункте;
- с сортированием плодов в процессе движения комбайна на зрелую и зеленую фракции с последующей доставкой каждой фракции к местам переработки.

При выборочном сборе томатов используют различные варианты ручного сбора плодов требуемой кондиции в различные емкости (корзины, контейнеры и др.) с последующей погрузкой на платформы и иные транспортные средства и доставкой по назначению.

В приведенных в таблице 20.1 вариантах задания предусматривается механизированная комбайновая уборка томатов по поточному принципу работы соответствующих агрегатов и машин. Варианты ручного сбора томатов с учетом местных условий могут быть выполнены по заданию преподавателя в качестве студенческой исследовательской работы.

Приведенные данные позволяют в целом выбрать эффективную технологию уборки заданной овощной культуры с учетом работы агрегатов.

Основные агротехнические требования к возделыванию рассматриваемых овощных культур:

Лук

- глубина подкапывания **10-12** см, а при подборе валка — **5-10** см;
- примеси земли до **1%** по массе;
- повреждение луковиц до **5%**;
- наличие ботвы на луковицах до **10%** при общих потерях до **6%**;

морковь и столовая свекла

- глубина подкапывания до **25** см;
- высота среза ботвы **1-2** см от головки;
- наличие частиц почвы на корнеплодах до **1%**;
- механические повреждения моркови до **4%**, свеклы — до **5%**;
- потери корнеплодов при послеуборочной доработке — до **1%**;

капуста белокочанная

- полное удаление зеленых, поврежденных и загрязненных листьев;
- остатки кочерыг длиной до **3** см не более **5%** массы кочанов;

томаты

- полное удаление частиц почвы, некондиционных плодов и растительных остатков;
- точность механического сортирования **90-95%** при послеуборочной доработке.

При уборке рассматриваемых овощных культур используют агрегаты уборочные, транспортные и для послеуборочной обработки урожая. При этом каждый тип агрегата или машины ограничен одним-двумя типоразмерами, которые применяют почти повсеместно, поэтому ранее изложенные методы многовариантной оптимизации параметров в данном случае непригодны. В качестве эффективного следует выбрать тот агрегат, который больше подходит с учетом местных условий. Основные параметры и показатели работы соответствующих машин и агрегатов приведены ниже.

Агрегаты и машины для уборки лука репчатого

На подкапывании лука-репки, укладке его в валок и подборе валков чаще всего используют луковый копатель **ЛКГ-1,4**, агрегатируемый с трактором **МТЗ-80/82**. Ширина захвата копателя **1,35** м (три рядка) при ширине междурядий **45** см или **1,4** м (четыре рядка) при двустрочном посеве лука по схеме **50 + 20** см.

Валок образуется в зависимости от условий работы и урожайности с од-

ного или двух проходов копателя по аналогии с картофелекопателем. Производительность агрегата на выкопке лука **0,7 га/ч**, а на подборе валков **1,6 га/ч** (чистая производительность) при скорости движения **0,78-1,55 м/с**. При однофазной уборке (без образования валка) также используют данный агрегат. Выгрузка урожая в обоих случаях производится в кузов идущего рядом транспортного средства типа **МТЗ-80/82 + 2ПТС-4- 887Б** грузоподъемностью **4 т**. Лук репчатый плотностью **0,57 т/м³** относится к грузам первого класса, поэтому $k_r = 1$.

Для одно- и двухфазной уборки лука в условиях ровной и профилированной поверхности поля предназначена машина **ЛКП-1,8**, агрегируемая с колесными тракторами классов **1,4** и **2**. Оборудованная автоматическим регулятором глубины подкапывания, эта машина обеспечивает по аналогии с **ЛКГ-1,4** выкапывание, частичную очистку и погрузку лука на ходу в транспортное средство при однофазной уборке, а также выкапывание, укладку в валок и последующий подбор валка с погрузкой в транспортное средство при двухфазной уборке. Ширина захвата на выкопке **1,4-1,8 м**, на подборе **2,8-3,6 м**. Средняя производительность агрегата **0,5-1 га/ч** (чистая) и **0,38-0,75 га/ч** (эксплуатационная) при рабочей скорости **0,77-1,94 м/с**. Соответствующее транспортное средство указано ранее.

При уборке лука машиной **ЛКП-1,8** затраты труда уменьшаются на **34,6%** по сравнению с **ЛКГ-1,4**, а эксплуатационные затраты — на **31,3%**. В качестве транспортного средства с обеими машинами при нормальных погодных условиях используют также автомобили-самосвалы типа **ГАЗ-САЗ** грузоподъемностью **4 т**.

Для послеуборочной обработки лука-репки часто используют стационарную линию **ПМЛ-6** (чистая производительность **4-6 т/ч**) с электроприводом мощностью **38 кВт**. Работа линии аналогична работе картофелесортировального пункта. Доставленный от уборочных агрегатов лук выгружают в приемный бункер с последующей очисткой и разделением на две стандартные фракции — крупную и среднюю, из которых рабочие-переборщики удаляют поврежденные луковицы. Каждая фракция лука собирается в отдельный бункер с последующей

выгрузкой транспортером в кузов транспортного средства и доставкой по назначению.

При больших объемах производства лука-репки используют унифицированную линию для послеуборочной обработки повышенной производительности **ЛДЛ-10** с электроприводом мощностью **17** кВт. Линия обеспечивает обработку лука как после ручной, так и после механизированной уборки по описанной выше примерной технологической схеме. Чистая производительность линии **9,76** и **8,9** т/ч соответственно при ручном и механизированном сборе лука-репки. По сравнению с линией **ПМЛ-6** затраты труда снижаются в два раза, а производительность повышается более чем в три раза.

Агрегаты и машины для уборки моркови и столовой свеклы

В хозяйствах для уборки моркови, столовой свеклы и других столовых корнеплодов используют однорядную машину **ММТ-1**, агрегируемую с трактором **МТЗ-80/82**. Чистая производительность машины **0,08-0,15** га/ч. Обеспечивает подкапывание корнеплодов на глубину до **25** см, отделение ботвы и погрузку в кузов идущего рядом транспортного средства при рабочей скорости **0,4-1,33** м/с.

Для крупных овощеводческих хозяйств выпускают высокопроизводительный самоходный комбайн трехрядный **МУК-1,8** чистой производительностью **0,5** га/ч и шириной захвата **1,8** м. Технологический процесс аналогичен работе машины **ММТ-1**. Для перевозки корнеплодов от уборочных агрегатов используют те же транспортные средства, что и для перевозки лука-репки.

Для послеуборочной обработки столовых корнеплодов, включая морковь и столовую свеклу, используют стационарную линию **ЛСК-20** с электроприводом мощностью **15** кВт и чистой производительностью **20** т/ч. Доставленные от уборочных агрегатов корнеплоды выгружают в приемный бункер с последующей доочисткой, сортированием на три фракции, затариванием, погрузкой в транспортные средства и отправкой по назначению. Точность сортирования моркови **90%**, столовой свеклы — **95%**. Для послеуборочной обработки моркови по

аналогичной технологической схеме с разделением на крупную (диаметром более **25** мм) и мелкую (диаметром до **25** мм) фракции используют также полустационарную линию **ПСК-6** с электроприводом мощностью **7,3** кВт и чистой производительностью **4-6** т/ч. Линию обслуживают машинист и 13-18 рабочих-сортировщиков при меньших объемах производства по сравнению с **ЛСК-20**. Морковь и столовая свекла навалом (их плотность **0,57** т/м³ и **0,62** т/м³ соответственно) относятся к грузам второго и первого классов с коэффициентами использования грузоподъемности транспортных средств $k_r = 0,85$ и $k_r = 1$.

Агрегаты и машины для уборки кочанной капусты (средних и поздних сортов)

Наиболее распространена полунавесная капустоуборочная двухрядная машина **УКМ-2**, агрегируемая с трактором МТЗ-80/82. Чистая и эксплуатационная производительности машины соответственно **0,3** и **0,165** га/ч (**21** и **14,2** т/ч).

УКМ-2 обеспечивает сплошную уборку кочанной капусты средних и поздних сортов путем срезания кочанов с зеленым листом и выгрузки на ходу в кузов идущего рядом транспортного средства. Агрегат используют также и для раздельной уборки капусты с укладкой кочанов в валок и последующей ручной погрузкой в кузов транспортного средства.

Аналогичную технологическую схему механизированной уборки капусты с выгрузкой кочанов в кузов идущего рядом транспортного средства имеет однорядная капустоуборочная машина **УКМ-1**, агрегируемая с тракторами МТЗ-80/82, с чистой производительностью **0,35** га/ч.

Высокопроизводительный самоходный капустоуборочный комбайн **МКС-3** обеспечивает уборку кочанов как с зеленым листом по описанной выше технологии, так и с доработкой до товарного вида в процессе движения агрегата с последующей выгрузкой в кузов идущего рядом транспортного средства. Кочаны дорабатывают рабочие, находящиеся на агрегате (до восьми человек). Без доработки кочанов комбайн обслуживают три человека. Чистая производительность агрегата **0,6** га/ч. Для перевозки кочанов от уборочных агрегатов используют ранее указанные транспортные средства.

Капуста навалом относится к грузам третьего класса с плотностью **0,42** т/м³ и коэффициентом использования грузоподъемности транспортных средств **k_г = 0,6**.

При обслуживании высокопроизводительных капустоуборочных агрегатов используют также автомобили-самосвалы типа **ЗИЛ-ММЗ-554М** грузоподъемностью **5,5**т.

Послеуборочная обработка кочанов, убираемых с зеленым листом, производится на стационарной линии **УДК-30** чистой производительностью до **30** т/ч, обслуживаемой **23-33** рабочими. Доставленные от уборочных агрегатов кочаны капусты с зеленым листом выгружают в приемный бункер с последующим отделением по технологической линии свободного листа, дообрезкой кочерыги и разделением на три фракции: **стандартную, нестандартную и отходы**. Отходы силосуют или скармливают животным, а первые две фракции отправляют по назначению на продовольственные цели.

Агрегаты и машины для уборки томатов

Для сплошной разовой уборки томатов по поточному принципу предназначен самоходный томатоуборочный комбайн **СКТ-2А**, чистая и эксплуатационная производительность которого соответственно **8** и **5,66** т/ч. Очищенные с участием переборщиков плоды выгружают в контейнеры специального прицепа **ПТ-3,5** агрегируемого с трактором МТЗ-80/82. Послеуборочная доработка вохроха томатов, доставленных на прицепе **ПТ-3,5**, происходит на сортировальном пункте томатов **СПТ-15** чистой производительностью до **15** т/ч.

Плоды из контейнеров выгружают в бункер с водой с целью разделения на зрелую и зеленую фракции. Зрелые плоды тяжелее и поэтому опускаются на дно приемного бункера, а зеленые плоды остаются на поверхности воды. Затем рабочие-переборщики доводят плоды обеих фракций до требуемых кондиций. Зеленые плоды в контейнерах отправляют на консервные предприятия, а из красных плодов готовят пульпу для последующей переработки в различные пищевые продукты.

Основные показатели машин и агрегатов для уборки рассматриваемых овощных культур приведены в таблице 20.2.

Таблица 20.2 - Основные параметры машин и агрегатов для уборки овощных культур

Овощная культура	Уборочный агрегат	Чистая производительность агрегата, га/ч	Линия для послеуборочной обработки	Чистая производительность линии, т/ч
Лук репчатый	МТЗ-80 + ЛКГ-1,4 МТЗ-80 + ЛКП-1,8	0,7 на выкопке 1,6 на подборе	ПМЛ-6	4-6
Морковь, свекла столовая	МТЗ 80 + ММТ-1 МУК-1,8 самоходный	0,08-0,15 0,5	ЛСК-20	20
Капуста кочанная	МТЗ-80 + УКМ-2 МТЗ-80 + УКМ-1 МКС-3 самоходный	0,3 0,35 0,6	УДК-30	30
Томаты	СКТ-2А самоходный	0,3	СПТ-15	15

Общее требуемое число агрегатов каждого типа применительно к соответствующим овощным культурам можно определить по аналогии с предыдущими заданиями. Нормативное (в расчете на 100 га) $m_{н\Sigma}$ и общее m_{Σ} в расчете на всю площадь посевов каждой культуры в хозяйстве F_{Σ} потребное число уборочных агрегатов получим соответственно на основании (12.1) и (12.8). Для календарной продолжительности уборки рассматриваемых овощных культур D_k можно принять следующие средние значения применительно к Центральному району: лук репчатый и свекла столовая — **10** дней, морковь — **15** дней, капуста белокочанная — **20** дней, томаты одного сорта — **7** дней. Приведенные данные могут быть уточнены с учетом местных условий. Коэффициент использования календарного α_k времени соответственно имеет значения для тех же культур **0,84, 0,86, 0,87, 0,85**. При необходимости эти данные также могут быть уточнены.

Значения $T_{cm} = 7$ ч, $k_{cm} = 1,5$ и $\gamma_r = 0,97$ применимы ко всем уборочным агрегатам, производительность W_m которых в зависимости от урожайности и длины гона указана в таблице 20.3.

Таблица 20.3 - Производительность агрегатов для уборки овощных культур

Урожайность, т/га	Производительность, га/ч, при длине гона, м					
	150-200	200-300	300-400	400-600	600-1000	более 1000
Уборка лука агрегатом МТЗ-80+ЛКГ-1,4 (выкопка/подбор валков)						
До 20	0,397	0,437	0,468	0,494	0,518	0,538
	0,714	0,786	0,842	0,889	0,932	0,968
20-40	0,337	0,365	0,388	0,406	0,423	0,436
	0,606	0,654	0,698	0,731	0,761	0,785
Более 40	0,283	0,301	0,315	0,327	0,338	0,347
	0,509	0,542	0,567	0,588	0,608	0,624
Уборка моркови и свеклы						
15	0,075	0,080	0,084	0,086	0,090	0,0926
	0,226	0,242	0,252	0,260	0,270	0,278
25	0,0686	0,072	0,0753	0,078	0,080	0,081
	0,206	0,216	0,226	0,234	0,242	0,244
30	0,0616	0,065	0,0666	0,0693	0,071	0,072
	0,185	0,195	0,200	0,208	0,213	0,216
Уборка капусты						
До 20	0,147	0,158	0,168	0,176	0,183	0,188
	0,264	0,284	0,302	0,317	0,329	0,338
	0,386	0,415	0,444	0,463	0,481	0,494
20-40	0,131	0,140	0,147	0,154	0,160	0,164
	0,236	0,252	0,264	0,277	0,288	0,295
	0,345	0,357	0,368	0,405	0,421	0,431
40-60	0,114	0,121	0,127	0,131	0,136	0,138
	0,205	0,218	0,228	0,236	0,245	0,248
	0,299	0,318	0,333	0,345	0,358	0,362
Более 60	0,104	0,110	0,114	0,117	0,121	0,123
	0,187	0,198	0,205	0,210	0,218	0,221
	0,273	0,289	0,299	0,307	0,318	0,323
Уборка томатов (без сортирования на комбайне)						
25	0,144	0,149	0,155	0,158	0,160	0,163
40	0,130	0,133	0,137	0,141	0,144	0,145
55	0,117	0,119	0,123	0,126	0,228	0,130

Примечание. 1. При уборке лука агрегатом МТЗ-80 + ЛКП-1,8 данные следует умножить на 1,43.

2. При уборке капусты числа в 1-3-й строках соответствуют однорядному УКМ-1, двухрядному УКМ-2 и трехрядному МКС-3 комбайнам.

Общее требуемое число транспортных средств и линий для послеуборочной обработки урожая получим также по аналогии с предыдущими заданиями из условия их поточной работы с уборочными агрегатами. Нормативное $n_{н\Sigma}$ и общее n_{Σ} число транспортных средств для перевозки овощей от уборочных агрегатов на стационарные линии для послеуборочной обработки можно определить по формуле (16.4) при $k_{см} = 1,5$. Производительность соответствующего транспортного агрегата W_n вычислим по формуле (16.5) с учетом заданного расстояния перевозки l_z и средней технической скорости $v_{тех} = 28-32$ км/ч (для автомобилей) и 19 км/ч для тракторного транспорта. Для прицепа ПТ-3,5 принимаем $v_{тех} = 10$ км/ч.

Коэффициент использования грузоподъемности транспортных средств принимаем: $k_r = 1$ (лук, свекла); $k_r = 0,85$ (морковь, томаты); $k_r = 0,6$ (капуста), как для грузов соответственно первого, второго и третьего классов. Значение t_b соответствует времени заполнения кузова соответствующего транспортного средства. Его рассчитывают по формуле (18.2) с учетом значения W_m из таблицы 20.3. Время разгрузки овощей $t_{раз}$ можно принять равным $0,12$ ч.

Нормативное $n_{н\cdot c\Sigma}$ и общее число $n_{c\Sigma}$ стационарных линий для послеуборочной обработки овощей рассчитаем по формуле (16.4) с учетом значений их производительностей W_c и коэффициентов сменности $k_{см\cdot c} = 2$.

Коэффициент использования времени смены $\tau_c = 0,88$. Значения чистой производительности Π_c каждой линии даны в таблице 20.2.

Оптимальные составы уборочно-транспортных звеньев также можно определить по аналогии с предыдущими заданиями. Сначала на основании формул (13.1) и (13.2) в зависимости от заданной площади поля F_n и продолжительности его уборки $D_n = 1...3$ необходимо рассчитать число уборочных агрегатов в звене

с учетом ранее приведенных значений W_m , T_{cm} , $k_{cm.m}$. Затем на основании выражения (16.8) при упрощенном варианте расчета вычислить число транспортных агрегатов и стационарных линий в звене. Оптимальное число транспортных средств получим методами теории массового обслуживания на основании формул (16.9)...(16.21) при тех же значениях поправочных коэффициентов ϕ_k . Необходимо только соответствующим образом определить плотность потока требований λ и интенсивность их обслуживания μ .

Значение $t_{нв}$ в формуле (16.16) получим с учетом ранее приведенных значений слагаемых. Приближенно можно принять $t_m = t_b$. Для соотношения C_m/C_n между оптовыми ценами уборочных C_m и транспортных C_n агрегатов путем обобщения статистических данных получены следующие значения: **1,228** и **1,613** для тракторного и автомобильного транспорта при уборке лука; **1,19** и **1,563** — при уборке моркови и столовой свеклы; **1,742** и **2,288** — при уборке капусты; **2,613** — для тракторного транспорта при уборке томатов.

Упрощенное оптимальное решение методами теории массового обслуживания получим на основании формул (16.23)...(16.30) по аналогии с предыдущими заданиями. В данном случае все уборочные агрегаты звена создают суммарный поток требований из порций овощей массой $Q_{гн}к_г$. Плотность потока

$$\lambda = m/t_b$$

Интенсивность транспортного обслуживания

$$\mu = 1/t_{нв}$$

определим с учетом ранее полученного значения $t_{нв}$ на основании (16.16).

Последующие решения по определению вместимости межсменного компенсатора $\Omega_{км}$ и соответствующего числа резервных прицепов $n_{р.п}$, а также по обеспечению эффективной работы стационарной линии для послеуборочной обработки овощей можно выполнить по формулам (18.4)...(18.8).

Обеспечение эффективной работы всех агрегатов уборочно-транспортного звена по аналогии с предыдущими заданиями предусматривает соответствующую

шую подготовку полей и организацию движения агрегатов. По аналогии с уборкой картофеля необходимо убрать с полей соответствующие препятствия, а также урожай с поворотных полос. После этого поле разбивают на загоны в зависимости от выбранного способа движения. Ширину поворотной полосы можно принять по аналогии с уборкой картофеля не менее **10 м**. Каждый агрегат должен работать на отдельном загоне. Основной способ движения — **вразвал**. Направление движения выбирают таким, чтобы убранное поле находилось со стороны выгрузки овощей в кузов транспортного средства:

- **против хода часовой стрелки** при уборке лука, моркови и столовой свеклы (выгрузка в правую сторону);

- **по ходу часовой стрелки** — при уборке томатов и капусты (выгрузка в левую сторону).

Оптимальную ширину загона можно рассчитать методами, изложенными в задании 5, без обработки поворотных полос и стыков.

Контроль и оценка качества работы рассматриваемых агрегатов для уборки овощей также выполняются балльным методом по аналогии с предыдущими заданиями.

Пример расчета варианта задания №26

1. Выписываем из таблицы 20.1 вариант задания №26.

№ варианта	Культура	Длина гона, м	Площадь поля, га	Урожайность, т/га	Расстояние перевозки, км	Площадь одного поля, га
26	Томаты	470	28	38	6	7

2. Выбираем эффективную технологию уборки томатов в соответствии с заданием (стр. 8).

Поточная технология без сортирования плодов на комбайне с последующей доработкой на стационарном сортировальном пункте.

3. Основные агротехнические требования при уборке томатов (стр. 9):

- полное удаление частиц почвы, некондиционных плодов и растительных остатков;

- точность механического сортирования **90-95%** при послеуборочной доработке.

4. Выбираем эффективные ресурсосберегающие агрегаты, необходимые для уборки томатов по выбранной технологии и излагаем основные рекомендации по их практическому комплектованию (стр. 13).

Для сплошной разовой уборки томатов по поточному принципу предназначен самоходный томатоуборочный комбайн **СКТ-2А**, чистая и эксплуатационная производительность которого соответственно **8** и **5,66** т/ч. Очищенные с участием переборщиков плоды выгружают в контейнеры специального прицепа **ПТ-3,5** агрегируемого с трактором **МТЗ-80/82**. Послеуборочная доработка вороха томатов, доставленных на прицепе **ПТ-3,5**, происходит на сортировальном пункте томатов **СПТ-15** чистой производительностью до **15** т/ч.

Плоды из контейнеров выгружают в бункер с водой с целью разделения на зрелую и зеленую фракции. Зрелые плоды тяжелее и поэтому опускаются на дно приемного бункера, а зеленые плоды остаются на поверхности воды. Затем рабочие-переборщики доводят плоды обеих фракций до требуемых кондиций. Зеленые плоды в контейнерах отправляют на консервные предприятия, а из красных плодов готовят пульпу для последующей переработки в различные пищевые продукты.

5. Определяем по формуле (13.1) нормативное число томатоуборочных комбайнов, с учетом, что

$u_T = 38$ т/га – урожайность томатов, (в задании);

$F_{н\Sigma} = 100$ га – нормативная площадь;

$D_k = 7$ дн. – продолжительность уборки (стр.15);

$\alpha_k = 0,85$ – коэффициент использования календарного времени;

$k_{см.м} = 1,5$ – коэффициент сменности;

$\gamma_{гм} = 0,97$ – коэффициент готовности комбайна.

$T_{см} = 7$ ч – продолжительность смены;

$W_{нт} = 0,141$ га/ч – производительность агрегата (табл. 20.3)

$$m_{нт\Sigma} = \frac{F_{н\Sigma}}{D_{к} \cdot \alpha_{к} \cdot W_{м} \cdot T_{см} \cdot k_{см.м} \cdot \gamma_{гм}} = \frac{100}{7 \cdot 0,85 \cdot 0,141 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,97} = \frac{100}{8,54} = 11,7$$

6. Определяем общую потребность в комбайнах, с учетом, что $F_{\Sigma} = 28$ га, (в задании).

$$m_{т\Sigma} = \frac{F_{\Sigma}}{100} \cdot m_{н\Sigma} = \frac{28}{100} \cdot 11,7 = 0,28 \cdot 11,7 = 3,27 \approx 4$$

7. Определяем часовую производительность транспортного агрегата для перевозки томатов по формуле (16.5), с учетом, что

$Q_{гн} = Q_{ку} \rho_{б} = 4 \cdot 0,6 = 2,4$ т – фактическая грузоподъемность прицепа;

где $Q_{ку} = 4$ м³ – объем кузова прицепа;

$\rho_{б} = 0,6$ т/м³ – плотность томатов;

$k_{г} = 0,85$ - коэффициент использования грузоподъемности, (стр. 17);

$V_{тех.} = 10$ км/ч – скорость движения трактора с прицепом, (стр. 16);

$l_{г} = 6$ км – расстояние перевозки томатов, (задание);

$t_{в}$ – время заполнения кузова прицепа томатами;

$t_{в} = Q_{гн} k_{г} / U_{т} W_{нт} = 2,4 \cdot 0,85 / 38 \cdot 0,141 = 1,38 / 5,36 = 0,26$ ч;

$t_{раз.} = 0,12$ ч – продолжительность разгрузки (стр.17).

$$W_{нт} = \frac{Q_{гн} \cdot k_{г}}{\frac{2 \cdot l_{г}}{V_{тех.}} + t_{в} + t_{раз.}} = \frac{2,4 \cdot 0,85}{\frac{2 \cdot 6}{10} + 0,26 + 0,12} = \frac{2,04}{1,2 + 0,26 + 0,12} = \frac{2,04}{1,58} = 1,29 \text{ т/ч.}$$

8. Определяем нормативное $n_{HT\Sigma}$ и общее число $n_{T\Sigma}$ транспортных средств для перевозки томатов, с учетом, что

$u_T = 38$ т/га – урожайность томатов;

$k_{CM.HT} = 1,5$ – коэффициент сменности (стр.16);

$W_{HT} = 1,29$ т/ч - часовая производительность транспортного агрегата.

$$n_{HT\Sigma} = \frac{m_{HT\Sigma} \cdot u_T \cdot W_{HT} \cdot k_{CM.m.T}}{W_{HT} \cdot k_{CM.HT}} = \frac{11,7 \cdot 38 \cdot 0,141 \cdot 1,5}{1,29 \cdot 1,5} = \frac{94}{1,93} = 48,7;$$

$$n_{T\Sigma} = \frac{m_{T\Sigma} \cdot u_T \cdot W_{HT} \cdot k_{CM.m.T}}{W_{HT} \cdot k_{CM.HT}} = \frac{4 \cdot 38 \cdot 0,141 \cdot 1,5}{1,29 \cdot 1,5} = \frac{32,14}{1,93} = 16,6 \approx 17.$$

9. Определяем по формуле (16.4) нормативное $n_{HT\Sigma}$ и общее число $n_{HT\Sigma}$ сортировальных пунктов томатов СПТ-15, с учетом, что

$k_{CM.C} = 2$ – коэффициент сменности сортировального пункта (стр. 17);

$W_{HT} = 1,29$ т/ч - часовая производительность транспортного агрегата (п. 7).

$W_C = P_c \cdot \tau_c = 15 \cdot 0,88 = 13,2$ т/ч - часовая производительность СПТ-15 (формула 16.7);

где $P_c = 15$ т/ч – чистая производительность СПТ-15 (табл. 20.2);

$\tau_c = 0,88$ – коэффициент использования времени смены (стр. 17).

$$n_{HT\Sigma} = \frac{n_{HT\Sigma} \cdot W_{HT} \cdot k_{CM.HT}}{W_C \cdot k_{CM.C}} = \frac{48,7 \cdot 1,29 \cdot 1,5}{13,2 \cdot 2} = \frac{94,23}{26,4} = 3,57;$$

$$n_{HT\Sigma} = \frac{n_{T\Sigma} \cdot W_{HT} \cdot k_{CM.HT}}{W_C \cdot k_{CM.C}} = \frac{17 \cdot 1,29 \cdot 1,5}{13,2 \cdot 2} = \frac{32,89}{26,4} = 1,24 \approx 2.$$

10. Определяем по формуле (13.1) число комбайнов в уборочно-транспортном звене, учитывая, что

$F_{HT} = 7$ га – площадь одного поля, (в задании, по указанию преподавателя);

$D_{HT} = 1...3$ дн. – продолжительность обработки поля, (стр. 17);

$W_{HT} = 0,141$ га/ч – производительность комбайна (п. 5).

$$m_{\text{кзв}} = \frac{F_{\Pi}}{D_{\Pi} \cdot \alpha_{\text{к}} \cdot W_m \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}} \cdot \gamma_{\text{гт}}} = \frac{7}{3 \cdot 0,85 \cdot 0,141 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,97} = \frac{7}{3,66} = 1,91 \\ \approx 2.$$

Число комбайнов в звене должно удовлетворять условию $1 \leq m \leq 5$. Если получено $m > 5$, то следует организовать два и более однотипных звена.

11. Определяем по формуле (16.8) число транспортных средств n в звене, учитывая, что

$u_{\text{т}} = 38$ т/га – урожайность корнеплодов, (в задании);

$W_{\text{мт}} = 0,141$ га/ч – производительность комбайна (п. 5);

$W_{\text{нт}} = 1,29$ т/ч - часовая производительность транспортного агрегата, (п. 9).

$$n_{\text{т.зв}} = \frac{m_{\text{кзв}} \cdot W_{\text{мт}} \cdot u_{\text{к}} \cdot k_{\text{см.т.}}}{W_{\text{н.т}} \cdot k_{\text{см.н}}} = \frac{2 \cdot 0,141 \cdot 38 \cdot 1,5}{1,29 \cdot 1,5} = \frac{16,07}{1,93} = 8;$$

12. Определяем по формуле (16.8) число сортировальных пунктов СПТ-15, учитывая, что

$W_{\text{с}} = 13,2$ т/ч – производительность СПТ-15, (п. 9);

$k_{\text{см.с}} = 2$ – коэффициент сменности сортировального пункта, (п. 9).

$$m_{\text{п.зв}} = \frac{n_{\text{тзв}} \cdot W_{\text{нт}} \cdot k_{\text{см.н.т}}}{W_{\text{с}} \cdot k_{\text{см.с}}} = \frac{8 \cdot 1,29 \cdot 1,5}{13,2 \cdot 2} = \frac{15,48}{26,4} = 0,58 \approx 1.$$

13. Определяем по формуле (17.5) среднюю продолжительность обслуживания комбайном одного транспортного средства, с учетом,

$t_{\text{зам.}} = 0,066$ ч – время замены транспортного средства;

$t_{\text{в}} = 0,26$ ч – время заполнения кузова прицепа томатами, (п. 7);

$$t_{\text{м}} = t_{\text{к}} + t_{\text{зам.}}$$

где $t_{\text{к}} = t_{\text{в}}$ – продолжительность заполнения кузова, ч;

$t_{\text{зам.}}$ – продолжительность замены транспортного средства.

$$t_{mT} = 0,26 + 0,066 = 0,326 \text{ ч.}$$

14. Определяем по формуле (16.16) среднюю продолжительность рейса, учитывая, что

$l_{\Gamma} = 6$ км – расстояние перевозки томатов, (п. 7);

$V_{\text{тех.т}} = 10$ км/ч – скорость движения трактора с томатами, (п. 7);

$t_{\text{раз.}} = 0,12$ ч – продолжительность разгрузки (стр. 17).

$$t_{n.\text{вТ}} = \frac{2 \cdot l_{\Gamma}}{V_{\text{тех.}}} + t_{\text{раз.}} = \frac{2 \cdot 6}{10} + 0,12 = 1,2 + 0,12 = 1,32 \text{ ч};$$

15. Определяем по формуле (16.15) интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном μ и интенсивность прибытия каждого транспортного средства к комбайну λ

$$\mu_{\Gamma} = \frac{1}{t_{n.\text{вТ}}} = \frac{1}{1,32} = 0,76 \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{\Gamma} = \frac{1}{t_{m.\Gamma}} = \frac{1}{0,326} = 3,06 \text{ 1/ч.}$$

Тогда

$$\alpha_{\Gamma} = \lambda_{\Gamma} / \mu_{\Gamma} = 3,06 / 0,76 = 4,03.$$

16. Определяем по формуле (16.13) вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства. Так как в нашем звене 8 транспортных агрегатов (п.11) для перевозки томатов, то расчеты выполняем 8 раз.

При $n_{\Gamma} = 1$

$$P_{m0} = \frac{1}{1 + n \cdot \alpha + n \cdot (n-1) \cdot \alpha^2 + n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \alpha^3 + \dots + n \cdot (n-1) \dots 1 \alpha^n} =$$

$$P_{m01\Gamma} = \frac{1}{1 + 1 \cdot 4,03} = \frac{1}{5,03} = 0,198.$$

При $n_T = 2$

$$\begin{aligned} P_{m02T} &= \frac{1}{1 + 2 \cdot 4,03 + 2 \cdot (2 - 1) \cdot 4,03^2} = \frac{1}{1 + 8,06 + 2 \cdot 16,24} \\ &= \frac{1}{1 + 8,06 + 32,5} = \frac{1}{41,56} = 0,024. \end{aligned}$$

При $n_T = 3$

$$\begin{aligned} P_{m03T} &= \frac{1}{1 + 3 \cdot 4,03 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot 4,03^2 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot (3 - 2) \cdot 4,03^3} \\ &= \frac{1}{1 + 12,09 + 3 \cdot 2 \cdot 16,24 + 3 \cdot 2 \cdot 65,44} = \\ &= \frac{1}{1 + 12,09 + 97,44 + 392,64} = \frac{1}{503,17} = 0,00198. \end{aligned}$$

При $n_T = 4$

$$\begin{aligned} P_{m04T} &= \\ &= \frac{1}{1 + 4 \cdot 4,03 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot 4,03^2 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot 4,03^3 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot (4 - 3) \cdot 4,03^4} \\ &= \frac{1}{1 + 16,12 + 12 \cdot 16,24 + 24 \cdot 65,44 + 24 \cdot 263,72} = \frac{1}{17,12 + 194,88 + 1570,56 + 6329,28} = \\ &= \frac{1}{6329,28} = 0,0001. \end{aligned}$$

Для остальных агрегатов принимаем:

$$P_{m05.T} = 0; P_{m06.T} = 0; P_{m07.T} = 0; P_{m08.T} = 0.$$

17. Определяем по формуле (16.14) среднее число простаивающих транспортных средств.

$$n_0 = n - (1 - P_{m0}) \cdot \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right);$$

$$n_{01T} = 1 - (1 - 0,198) \cdot \left(1 + \frac{1}{4,03}\right) = 1 - 0,802 \cdot (1 + 0,248) = 1 - 1,00 \approx 0;$$

$$n_{02\Gamma} = 2 - (1 - 0,024) \cdot \left(1 + \frac{1}{4,03}\right) == 2 - 0,976 \cdot 1,248 = 2 - 1,218 = 0,78;$$

$$n_{03\Gamma} = 3 - (1 - 0,00198) \cdot \left(1 + \frac{1}{4,03}\right) == 3 - 0,99 \cdot 1,248 = 3 - 1,24 = 1,76;$$

$$n_{04\Gamma} = 4 - (1 - 0,0001) \cdot \left(1 + \frac{1}{4,03}\right) = 4 - 0,99 \cdot 1,248 = 4 - 1,24 = 2,76;$$

$$n_{05\Gamma} = 5 - (1 - 0) \cdot \left(1 + \frac{1}{4,03}\right) = 5 - 1 \cdot 1,248 = 5 - 1,248 = 3,76;$$

$$n_{06\Gamma} = 6 - (1 - 0) \cdot \left(1 + \frac{1}{4,03}\right) = 6 - 1,248 = 4,76;$$

$$n_{07\Gamma} = 7 - (1 - 0) \cdot \left(1 + \frac{1}{4,03}\right) = 7 - 1,24 = 5,76;$$

$$n_{08\Gamma} = 8 - (1 - 0) \cdot \left(1 + \frac{1}{4,03}\right) = 8 - 1,248 = 6,76.$$

18. Определяем по формуле (16.12) критерий оптимальности для перевозки томатов, с учетом, что $\Pi_m/\Pi_n = 2,613$, (стр. 17)

$$\overline{C_{mn}} = P_{m0} \cdot \frac{\Pi_m}{\Pi_n} + n_0 \rightarrow \min;$$

$$\overline{C_{mn1\Gamma}} = 0,198 \cdot 2,613 + 0 = 0,52;$$

$$\overline{C_{mn2\Gamma}} = 0,024 \cdot 2,613 + 0,78 = 0,063 + 0,78 == 0,84;$$

$$\overline{C_{mn3\Gamma}} = 0,00198 \cdot 2,613 + 1,76 = 0,005 + 1,76 == 1,76;$$

$$\overline{C_{mn4\Gamma}} = 0,0001 \cdot 2,613 + 2,76 = 0,0002 + 2,76 == 2,76;$$

$$\overline{C_{mn5T}} = 0 \cdot 2,613 + 3,76 = 0 + 3,76 = 3,76;$$

$$\overline{C_{mn6T}} = 0 \cdot 2,613 + 4,76 = 0 + 4,76 = 4,76;$$

$$\overline{C_{mn7T}} = 0 \cdot 2,613 + 5,76 = 0 + 5,76 = 5,76;$$

$$\overline{C_{mn8T}} = 0 \cdot 2,613 + 6,76 = 0 + 6,76 = 6,76.$$

Из полученных результатов видно, что минимум затрат $\overline{C_{mn.min}} = \overline{C_{mn1T}} = 0,52$ имеет место при $n_{opt} = n_1 = 1$, т.е. при одном транспортном агрегате для перевозки томатов.

19. Определяем по формуле (16.21) оптимальное число транспортных средств для всего уборочно-транспортного звена, с учетом

$$n_{opt.T} = 1; m_{кзв} = 2, \text{ (п. 10);}$$

$\varphi_k = 1$ – поправочный коэффициент при $m = 2$ (практическая работа №17 стр.18).

$$n_0 = m \cdot n_{opt} \cdot \varphi_k = n_{opt.T} = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2.$$

20. Определяем по формуле (16.22) коэффициенты простоя комбайнов k_m и транспортных средств k_n , с учетом, что

$$m_{от} = P_{mо2T} = 0,024; \text{ при } m = 2 \text{ в звене;}$$

$$n_{optT} = 2, \text{ (п.19);} \quad n_{о2.T} = 0,78.$$

$$k_m = m_0/m;$$

$$k_n = n_0/n.$$

$$k_{m.T} = 0,024/2 = 0,012; \quad k_{n.T} = 0,78/2 = 0,39.$$

21. Определяем по формуле (16.23) плотность потока требований в виде порций томатов, учитывая, что

$t_{в.т} = 0,26$ ч – время заполнения кузова одного транспортного средства томатами, (п.7);

$$\lambda_{1Т} = 1/t_{в.т} = 1/0,26 = 3,84 \text{ 1/ч.}$$

22. Определяем по формуле (16.25) плотность суммарного потока требований на обслуживание от всех m комбайнов звена, $m = 2$.

$$\lambda_{Т} = m \cdot \lambda_{1Т} = m/t_{в.т} = 2 \cdot 3,84 = 7,68 \text{ 1/ч.}$$

23. Определяем по формуле (16.26) интенсивность обслуживания этих требований каждым транспортным средством, с учетом формулы (16.5).

$t_n = 1,58$ ч (п.7).

$$\mu_{Т} = \frac{1}{t_n} = \frac{1}{(2 \cdot \frac{l_{Г}}{v_{Тех}}) + t_{в} + t_{раз}} = \frac{1}{1,58} = 0,63 \text{ 1/ч.}$$

С учетом полученных результатов

$$\alpha_{Т} = \lambda_{Т}/\mu_{Т} = 7,68/0,63 = 12,2.$$

24. Определяем по формуле (16.28) вероятность одновременного простоя всех транспортных средств звена, из-за отсутствия заполнения прицепов, с учетом, что

$$n_{opt.т} = 2, \text{ (п.19).} \quad \alpha_{Т} = 12,2.$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{1!} + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!}};$$

$$P_{от} = \frac{1}{1 + \frac{12,2}{1} + \frac{12,2^2}{1 \cdot 2}} = \frac{1}{1 + 12,2 + 74,42} = \frac{1}{87,62} = 0,01.$$

25. Определяем по формуле (16.27) вероятность отказа в обслуживании

$$P_{отк} = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot P_0;$$

$$P_{отк.т} = \frac{12,2^2}{1 \cdot 2} \cdot 0,01 = 74,42 \cdot 0,01 = 0,74.$$

26. Определяем по формуле (16.30) вместимость межсменного компенсатора, с учетом

$$\Omega_{ку} = 4\text{м}^3; k_{см} = 1,5;$$

$$t_b = 0,26\text{ч} - \text{время заполнения кузова томатами, п.7};$$

$$t_{пт} = 0,326\text{ч, п.13}; m_{кзв} = 2, \text{ п.10.}$$

$$\gamma_k = 0,98 - \text{коэффициент заполнения компенсатора.}$$

$$\Omega_{км.т} = \frac{m \cdot T_{см} \cdot k_{см.т} \cdot \Omega_б \cdot P_{отк.э}}{\gamma_k \cdot t_{пт}} = \frac{2 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 4 \cdot 0,74}{0,98 \cdot 0,326} = \frac{62,16}{0,32} = 194\text{м}^3$$

27. Определяем число резервных прицепов.

$$n_{рпт} = \frac{\Omega_{км.т}}{\Omega_{ку}} = \frac{194}{4} = 48.$$

Отчет

Результаты расчетов и выводы по каждому пункту задания для удобства оперативного анализа представить в виде таблицы 20.4.

Таблица 20.4 - Результаты расчетов

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Томатоуборочный комбайн	СКТ-2А
2	Агрегат для перевозки томатов	МТЗ-82+ПТ-35
№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
3	Сортировальный пункт томатов	СПТ-15
4	Производительность томатоуборочного комбайна, $W_{\text{мт}}$	0,141га/ч
5	Нормативное число комбайнов, $m_{\text{нт}\Sigma}$	11,7
6	Целое число комбайнов для своей площади, $m_{\text{т}\Sigma}$	4
7	Производительность транспортного агрегата, $W_{\text{пт}}$	1,29т/ч
8	Нормативное число транспортных средств, $n_{\text{нт}\Sigma}$	48,7
9	Общее число транспортных средств, $n_{\Sigma\text{т}}$	17
10	Производительность сортировального пункта СПТ-15, $W_{\text{с}}$	13,2т/ч
11	Нормативное число СПТ-15, $n_{\text{пт}\Sigma}$	3,57
12	Общее число СПТ-15, n_{Σ}	2
13	Число комбайнов в уборочно-транспортном звене, $m_{\text{кзв.}}$	2
14	Число СПТ-15 в уборочно-транспортном звене, $m_{\text{пзв.}}$	1
15	Число транспортных средств в звене, $n_{\text{т.зв}}$	8
16	Средняя продолжительность обслуживания одного транспортного средства, $t_{\text{м.т}}$	0,326 ч
17	Средняя продолжительность рейса транспортного средства, $t_{\text{нв.т.}}$	1,32ч
18	Интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном, $\mu_{\text{т}}$	0,76 1/ч
19	Интенсивность прибытия каждого транспортного средства за томатами к комбайну, $\lambda_{\text{т}}$	3,06 1/ч
20	Отношение $\alpha_{\text{т}} = \lambda_{\text{т}}/\mu_{\text{т}}$	4,03
21	Вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства для томатов, $P_{m0\text{т}}$	$P_{m01\text{т}} = 0,198$ $P_{m02\text{т}} = 0,024$ $P_{m03\text{т}} = 0,00198$ $P_{m04\text{т}} = 0,0001$ $P_{m05\text{т}} = 0;$ $P_{m06\text{т}} = 0;$ $P_{m07\text{т}} = 0;$ $P_{m08\text{т}} = 0.$

22	Среднее число простаивающих транспортных средств для перевозки томатов, n_{0T}	$n_{01T} = 0$ $n_{02T} = 0,78$ $n_{03T} = 1,76$ $n_{04T} = 2,76$ $n_{05T} = 3,76$ $n_{06T} = 4,76$ $n_{07T} = 5,76$ $n_{08T} = 6,76$
23	Критерий оптимальности, $\overline{C_{mnT}}$	$\overline{C_{mn1T}} = 0,52$ $\overline{C_{mn2T}} = 0,84$ $\overline{C_{mn3T}} = 1,76$ $\overline{C_{mn4T}} = 2,76$ $\overline{C_{mn5T}} = 3,76$ $\overline{C_{mn6T}} = 4,76$ $\overline{C_{mn7T}} = 5,76$ $\overline{C_{mn8T}} = 6,76$
24	Оптимальное число транспортных средств для всего уборочно-транспортного звена, n_{opt}	$n_{opt..T} = 2$
25	Коэффициент простоя комбайна, k_{mT}	$k_{m..T} = 0,012$
26	Коэффициент простоя транспортных средств, k_{nT}	$k_{n..T} = 0,39$
27	Плотность потока требований в виде порций томатов, λ_1	$\lambda_{1..T} = 3,84 \text{ 1/ч}$
28	Плотность суммарного потока требований на обслуживание от всех m комбайнов звена, λ	$\lambda_T = 7,68 \text{ 1/ч}$
29	Интенсивность этих требований каждым транспортным средством, μ	$\mu_T = 0,63 \text{ 1/ч}$
30	Отношение $\alpha = \lambda/\mu$	$\alpha_T = 12,2$
31	Вероятность одновременного простоя всех транспортных средств из-за отсутствия заполнения прицепов, P_0	$P_{0T} = 0,01$
32	Вероятность отказа в обслуживании, $P_{отк}$	$P_{отк..T} = 0,74$
33	Требуемая вместимость межсменного компенсатора, $\Omega_{км}$	$\Omega_{км6} = 194\text{м}^3$
34	Число резервных прицепов для ботвы и корнеплодов, $n_{рп}$	$n_{рпT} = 48$

Пример расчета уборки лука репчатого

1. Выписываем из таблицы 20.1 вариант задания.

№ варианта	Культура	Длина гона, м	Площадь поля, га	Урожайность, т/га	Расстояние перевозки, км	Площадь одного поля, га
-	Лук репчат.	450	4	27	5	1

2. Выбираем эффективную технологию уборки лука репчатого в соответствии с заданием (стр. 6).

Основным для механизированной уборки лука-репки является **двухфазный** способ.

В **первой** фазе лук выкапывают копателем и укладывают в валки для подсушивания, дозревания и улучшения показателей сохранности урожая.

Вторая фаза уборки предусматривает подбор валков с отделением примесей и выгрузку урожая на ходу в кузов идущего рядом транспортного средства.

Возможна и **однофазная** уборка лука при предварительном скашивании ботвы. При этом урожай лука после выкапывания доставляют сразу в помещение для искусственной сушки. Последующая обработка лука репчатого в общем случае предусматривает отделение пера и очистку, а также сортирование на фракции по размерам.

Двухфазный способ уборки более эффективен при благоприятных погодных условиях для подсушивания валков, а однофазный — в более сложных погодных условиях.

Выбираем двухфазный способ уборки.

3. Основные агротехнические требования при уборке лука репчатого (стр. 9):

- глубина подкапывания **10-12** см, а при подборе валка — **5-10** см;
- примеси земли до **1%** по массе;
- повреждение луковиц до **5%**;
- наличие ботвы на луковицах до **10%** при общих потерях до **6%**.

4. Выбираем эффективные ресурсосберегающие агрегаты, необходимые для уборки лука репчатого по выбранной технологии и излагаем основные рекомендации по их практическому комплектованию (стр. 10).

На подкапывании лука-репки, укладке его в валок и подборе валков чаще всего используют луковый копатель **ЛКГ-1,4**, агрегатируемый с трактором **МТЗ-80/82**.

Производительность агрегата на выкопке лука **0,7** га/ч, а на подборе валков

1,6 га/ч (чистая производительность) при скорости движения **0,78-1,55 м/с**.

Выгрузка урожая производится в кузов идущего рядом транспортного средства типа **МТЗ-80/82 + 2ПТС-4- 887Б** грузоподъемностью **4 т**. Лук репчатый плотностью **0,57 т/м³** относится к грузам первого класса, поэтому **k_г = 1**.

Для послеуборочной обработки лука-репки часто используют стационарную линию **ПМЛ-6** (чистая производительность **4-6 т/ч**) с электроприводом мощностью **38 кВт**.

5. Определяем по формуле (13.1) нормативное число луковых копателей на выкопке и подборе валков лука, с учетом, что

$u_{л} = 27$ т/га – урожайность лука, (в задании);

$F_{н\sigma} = 100$ га – нормативная площадь;

$D_{к} = 10$ дн. – продолжительность уборки (стр.15);

$\alpha_{к} = 0,84$ – коэффициент использования календарного времени;

$k_{см.м} = 1,5$ – коэффициент сменности;

$\gamma_{гт} = 0,97$ – коэффициент готовности комбайна.

$T_{см} = 7$ ч – продолжительность смены;

$W_{млв} = 0,406$ га/ч – производительность агрегата на выкопке лука (табл. 20.3);

$W_{млп} = 0,731$ га/ч – производительность агрегата на подборе лука (табл. 20.3).

$$m_{нлв\sigma} = \frac{F_{н\sigma}}{D_{к} \cdot \alpha_{к} \cdot W_{млв} \cdot T_{см} \cdot k_{см.м} \cdot \gamma_{гт}} = \frac{100}{10 \cdot 0,85 \cdot 0,406 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,97} \\ = \frac{100}{35,1} = 2,85 ;$$

$$m_{нлп\sigma} = \frac{F_{н\sigma}}{D_{к} \cdot \alpha_{к} \cdot W_{млп} \cdot T_{см} \cdot k_{см.м} \cdot \gamma_{гт}} = \frac{100}{10 \cdot 0,85 \cdot 0,731 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,97} \\ = \frac{100}{63,3} = 1,58.$$

6. Определяем общую потребность в комбайнах, с учетом, что $F_{\Sigma} = 4$ га, (в задании).

$$m_{лв\sigma} = \frac{F_{\Sigma}}{100} \cdot m_{н\sigma} = \frac{4}{100} \cdot 2,85 = 0,04 \cdot 2,85 = 0,1 \approx 1.$$

$$m_{лп\sigma} = \frac{F_{\Sigma}}{100} \cdot m_{н\sigma} = \frac{4}{100} \cdot 1,58 = 0,04 \cdot 1,58 = 0,06 \approx 1.$$

7. Определяем часовую производительность транспортного агрегата для перевозки лука по формуле (16.5), с учетом, что

$Q_{гн} = 4$ т – фактическая грузоподъемность прицепа, п. 4;

$\rho_{л} = 0,57$ т/м³ – плотность лука;

$k_{г} = 1$ - коэффициент использования грузоподъемности, п. 4;

$V_{тех.} = 19$ км/ч – скорость движения трактора с прицепом, (стр. 16);

$l_{г} = 5$ км – расстояние перевозки, (задание);

$t_{в}$ – время заполнения кузова прицепа луком;

$$t_{в} = Q_{гн}k_{г}/U_{л}W_{млп} = 4 \cdot 1/27 \cdot 0,731 = 4/19,73 = 0,20 \text{ ч};$$

где $U_{л} = 27$ т/га – урожайность лука;

$W_{млп} = 0,731$ га/ч – производительность агрегата на подборе лука.

$t_{раз.} = 0,12$ ч – продолжительность разгрузки (стр. 17).

$$W_{нл} = \frac{Q_{гн} \cdot k_{г}}{\frac{2 \cdot l_{г}}{V_{тех.}} + t_{в} + t_{раз.}} = \frac{4 \cdot 1}{\frac{2 \cdot 5}{19} + 0,20 + 0,12} = \frac{4}{0,53 + 0,20 + 0,12} = \frac{4}{0,85} = 4,7 \text{ т/ч}.$$

8. Определяем нормативное $n_{н\sigma}$ и общее число n_{σ} транспортных средств для перевозки лука, с учетом, что

$u_{л} = 27$ т/га – урожайность лука;

$k_{см.пл} = 1,5$ – коэффициент сменности (стр. 15);

$W_{нл} = 4,7$ т/ч - часовая производительность транспортного агрегата.

$$n_{нл\sigma} = \frac{m_{нлп\sigma} \cdot u_{л} \cdot W_{млп} \cdot k_{см.т.л}}{W_{нл} \cdot k_{см.нл}} = \frac{1,58 \cdot 27 \cdot 0,731 \cdot 1,5}{4,7 \cdot 1,5} = \frac{46,8}{7,05} = 6,6;$$

$$n_{л\sigma} = \frac{m_{л\sigma} \cdot u_{л} \cdot W_{млп} \cdot k_{см.л}}{W_{нл} \cdot k_{см.нл}} = \frac{1 \cdot 27 \cdot 0,731 \cdot 1,5}{4,7 \cdot 1,5} = \frac{29,6}{7,05} = 4,2 \approx 4.$$

9. Определяем по формуле (16.4) нормативное $n_{нп\sigma}$ и общее число $n_{п\sigma}$ сортировальных пунктов лука ПМЛ - 6, с учетом, что

$k_{см.с} = 2$ – коэффициент сменности сортировального пункта (стр. 17);

$W_{нл} = 4,7$ т/ч - часовая производительность транспортного агрегата (п. 7).

$W_c = П_c \cdot \tau_c = 5 \cdot 0,88 = 4,4$ т/ч - часовая производительность ПМЛ - 6 (формула 16.7);

где $П_c = 5$ т/ч – чистая производительность ПМЛ-6 (табл. 20.2);

$\tau_c = 0,88$ – коэффициент использования времени смены (стр. 17).

$$n_{нп\sigma} = \frac{n_{нл\sigma} \cdot W_{нл} \cdot k_{см.нл}}{W_c \cdot k_{см.с}} = \frac{6,6 \cdot 4,7 \cdot 1,5}{4,4 \cdot 2} = \frac{46,53}{8,8} = 5,28;$$

$$n_{п\sigma} = \frac{n_{л\sigma} \cdot W_{нл} \cdot k_{см.нл}}{W_c \cdot k_{см.с}} = \frac{4 \cdot 4,7 \cdot 1,5}{4,4 \cdot 2} = \frac{28,2}{8,8} = 3,2 \approx 3.$$

10. Определяем по формуле (13.1) число копателей в уборочно-транспортном звене, учитывая, что

$F_{п} = 1$ га – площадь одного поля, (в задании, по указанию преподавателя);

$D_{п} = 1...3$ дн. – продолжительность обработки поля, (стр. 17);

$W_{млв} = 0,406$ га/ч – производительность копателя на выкопке лука (п. 5).

$W_{млп} = 0,731$ га/ч – производительность агрегата на подборе лука.

$$m_{кзв.лв} = \frac{F_{п}}{D_{п} \cdot \alpha_{к} \cdot W_{млв} \cdot T_{см} \cdot k_{см} \cdot \gamma_{гт}} = \frac{1}{1 \cdot 0,84 \cdot 0,406 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,97} = \frac{1}{3,47} = 0,28 \approx 1.$$

$$m_{\text{кзв.лп}} = \frac{F_{\Pi}}{D_{\Pi} \cdot \alpha_{\text{к}} \cdot W_{\text{млп}} \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}} \cdot \gamma_{\text{гт}}} = \frac{1}{1 \cdot 0,84 \cdot 0,703 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,97}$$

$$= \frac{1}{6,01} = 0,17 \approx 1.$$

Число комбайнов в звене должно удовлетворять условию $1 \leq m \leq 5$. Если получено $m > 5$, то следует организовать два и более однотипных звена.

11. Определяем по формуле (16.8) число транспортных средств n в звене, учитывая, что

$U_{\text{л}} = 27$ т/га – урожайность корнеплодов, (в задании);

$W_{\text{млп}} = 0,731$ га/ч – производительность копателя наподборе лука (п. 5);

$W_{\text{пл}} = 4,7$ т/ч - часовая производительность транспортного агрегата, (п. 7).

$$n_{\text{л.зв}} = \frac{m_{\text{кзв.лп}} \cdot W_{\text{млп}} \cdot u_{\text{л}} \cdot k_{\text{см.л}}}{W_{\text{пл}} \cdot k_{\text{см.л}}} = \frac{1 \cdot 0,731 \cdot 27 \cdot 1,5}{4,7 \cdot 1,5} = \frac{29,6}{7,05} = 4.$$

12. Определяем по формуле (16.8) число сортировальных пунктов ПМЛ-6, учитывая, что

$W_{\text{с}} = 4,4$ т/ч – производительность ПМЛ-6, (п. 9);

$k_{\text{см.с}} = 2$ – коэффициент сменности сортировального пункта ПМЛ-6, (п. 9).

$$m_{\text{п.зв}} = \frac{n_{\text{тзв}} \cdot W_{\text{пл}} \cdot k_{\text{см.пл}}}{W_{\text{с}} \cdot k_{\text{см.с}}} = \frac{4 \cdot 4,7 \cdot 1,5}{4,4 \cdot 2} = \frac{28,2}{8,8} = 3,2 \approx 3.$$

13. Определяем по формуле (17.5) среднюю продолжительность обслуживания комбайном одного транспортного средства, с учетом,

$t_{\text{зам.}} = 0,066$ ч – время замены транспортного средства;

$t_{\text{в}} = 0,20$ ч – время заполнения кузова прицепа луком, (п. 7);

$$t_{\text{м}} = t_{\text{к}} + t_{\text{зам.}}$$

где $t_k = t_b$ – продолжительность заполнения кузова, ч; $t_{зам}$ – продолжительность замены транспортного средства.

$$t_{m.l} = 0,20 + 0,066 = 0,266 \text{ ч.}$$

14. Определяем по формуле (16.16) среднюю продолжительность рейса, учитывая, что

$l_{гт} = 5$ км – расстояние перевозки томатов, (п. 7);

$V_{тех.г} = 19$ км/ч – скорость движения трактора с томатами, (п. 7);

$t_{раз.} = 0,12$ ч – продолжительность разгрузки (стр. 17).

$$t_{n.вл} = \frac{2 \cdot l_{гт}}{V_{тех.г}} + t_{раз.} = \frac{2 \cdot 5}{19} + 0,12 = 0,53 + 0,12 = 0,65 \text{ ч;}$$

15. Определяем по формуле (16.15) интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном μ и интенсивность прибытия каждого транспортного средства к комбайну λ

$$\mu_l = \frac{1}{t_{n.вл}} = \frac{1}{0,65} = 1,54 \text{ 1/ч;}$$

$$\lambda_l = \frac{1}{t_{m.l}} = \frac{1}{0,266} = 3,75 \text{ 1/ч.}$$

Тогда

$$\alpha_l = \lambda_l / \mu_l = 1,54 / 3,75 = 0,41.$$

16. Определяем по формуле (16.13) вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства. Так как в нашем звене 4 транспортных агрегата (п. 11) для перевозки лука, то расчеты выполняем 4 раза.

При $n_l = 1$

$$P_{m0} = \frac{1}{1+n \cdot \alpha + n \cdot (n-1) \cdot \alpha^2 + n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \alpha^3 + \dots + n \cdot (n-1) \dots 1 \alpha^n} =$$

$$P_{m01л} = \frac{1}{1+1 \cdot 0,41} = \frac{1}{1,41} = 0,7.$$

При $n_l = 2$

$$\begin{aligned} P_{m02л} &= \frac{1}{1 + 2 \cdot 0,41 + 2 \cdot (2 - 1) \cdot 0,41^2} = \frac{1}{1 + 0,82 + 2 \cdot 0,168} \\ &= \frac{1}{1 + 0,82 + 0,336} = \frac{1}{2,156} = 0,46. \end{aligned}$$

При $n_l = 3$

$$\begin{aligned} P_{m03л} &= \frac{1}{1 + 3 \cdot 0,41 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot 0,41^2 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot (3 - 2) \cdot 0,41^3} \\ &= \frac{1}{1 + 1,23 + 3 \cdot 2 \cdot 0,168 + 3 \cdot 2 \cdot 0,069} \\ &= \frac{1}{1 + 1,23 + 1 + 0,41} = \frac{1}{3,64} = 0,27. \end{aligned}$$

При $n_l = 4$

$$\begin{aligned} P_{m04л} &= \\ &= \frac{1}{1 + 4 \cdot 0,41 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot 0,41^2 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot 0,41^3 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot (4 - 3) \cdot 0,41^4} \\ &= \frac{1}{1 + 1,64 + 12 \cdot 0,168 + 24 \cdot 0,069 + 24 \cdot 0,028} = \frac{1}{2,64 + 2,02 + 1,66 + 0,67} = \frac{1}{6,99} = 0,14. \end{aligned}$$

17. Определяем по формуле (16.14) среднее число простаивающих транспортнх средств.

$$n_0 = n - (1 - P_{m0}) \cdot \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right);$$

$$n_{01л} = 1 - (1 - 0,7) \cdot \left(1 + \frac{1}{0,41}\right) = 1 - 0,3 \cdot (1 + 2,44) = 1 - 1,00 \approx 0;$$

$$n_{02л} = 2 - (1 - 0,46) \cdot \left(1 + \frac{1}{0,41}\right) = 2 - 0,54 \cdot 3,44 = 2 - 1,86 = 0,14;$$

$$n_{03л} = 3 - (1 - 0,27) \cdot \left(1 + \frac{1}{0,41}\right) = 3 - 0,73 \cdot 3,44 = 3 - 2,51 = 0,49;$$

$$n_{04л} = 4 - (1 - 0,14) \cdot \left(1 + \frac{1}{0,41}\right) = 4 - 0,86 \cdot 3,44 = 4 - 2,95 = 1,05.$$

18. Определяем по формуле (16.12) критерий оптимальности для перевозки лука, с учетом, что $\Pi_m/\Pi_n = 1,228$, (стр. 17)

$$\overline{C_{mn}} = P_{m0} \cdot \frac{\Pi_m}{\Pi_n} + n_0 \rightarrow \min;$$

$$\overline{C_{mn1л}} = 0,7 \cdot 1,228 + 0 = 0,86;$$

$$\overline{C_{mn2л}} = 0,46 \cdot 1,228 + 0,14 = 0,56 + 0,14 = 0,70;$$

$$\overline{C_{mn3л}} = 0,27 \cdot 1,228 + 0,49 = 0,33 + 0,49 = 0,82;$$

$$\overline{C_{mn4л}} = 0,14 \cdot 1,228 + 1,05 = 0,17 + 1,05 = 1,22.$$

Из полученных результатов видно, что минимум затрат $\overline{C_{mn.min}} = \overline{C_{mn2л}} = 0,70$ имеет место при $n_{opt} = n_2 = 2$, т.е. при двух транспортных агрегатах для перевозки лука.

19. Определяем по формуле (16.21) оптимальное число транспортных средств для всего уборочно-транспортного звена, с учетом

$$n_{opt.l} = 2; m_{кзв} = 1, \text{ (п. 10);}$$

$\varphi_k = 1$ – поправочный коэффициент при $m = 2$ (практическая работа №17 стр.18).

$$n_0 = m \cdot n_{opt} \cdot \varphi_k = n_{opt.l} = 1 \cdot 2 \cdot 1 = 2.$$

20. Определяем по формуле (16.22) коэффициенты простоя комбайнов k_m и транспортных средств k_n , с учетом, что

$$m_{ол} = P_{mол} = 0,7; \text{ при } m = 1 \text{ в звене;}$$

$$n_{opt.l} = 2, \text{ (п.19);} \quad n_{о2.l} = 0,14.$$

$$k_m = m_0/m;$$

$$k_n = n_0/n.$$

$$k_{m.l} = 0,7/1 = 0,7; \quad k_{n.l} = 0,14/2 = 0,07.$$

21. Определяем по формуле (16.23) плотность потока требований в виде порций лука, учитывая, что

$t_{в.л} = 0,20$ ч – время заполнения кузова одного транспортного средства луком, (п. 7);

$$\lambda_{1л} = 1/t_{в.л} = 1/0,20 = 5,0 \text{ 1/ч.}$$

22. Определяем по формуле (16.25) плотность суммарного потока требований на обслуживание от всех m комбайнов звена, $m = 1$.

$$\lambda_{л} = m \cdot \lambda_{1л} = m/t_{в.л} = 1 \cdot 5,0 = 5,0 \text{ 1/ч.}$$

23. Определяем по формуле (16.26) интенсивность обслуживания этих требований каждым транспортным средством, с учетом формулы (16.5).

$$t_n = 0,85 \text{ ч (п.7 в знаменателе).}$$

$$\mu_{\text{л}} = \frac{1}{t_n} = \frac{1}{\left(2 \cdot \frac{l_{\Gamma}}{v_{\text{тех}}}\right) + t_{\text{в}} + t_{\text{раз}}} = \frac{1}{0,85} = 1,17 \text{ 1/ч.}$$

С учетом полученных результатов

$$\alpha_{\text{л}} = \lambda_{\text{л}}/\mu_{\text{л}} = 5,0/1,17 = 4,27.$$

24. Определяем по формуле (16.28) вероятность одновременного простоя всех транспортных средств звена, из-за отсутствия заполнения прицепов, с учетом, что

$$n_{\text{опт.л}} = 2, \text{ (п.19).} \quad \alpha_{\text{л}} = 4,27.$$

$$P_o = \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{1!} + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!}};$$

$$P_{\text{ол}} = \frac{1}{1 + \frac{4,27}{1} + \frac{4,27^2}{1 \cdot 2}} = \frac{1}{1 + 4,27 + 9,12} = \frac{1}{14,39} = 0,07.$$

25. Определяем по формуле (16.27) вероятность отказа в обслуживании

$$P_{\text{отк}} = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot P_o;$$

$$P_{\text{отк.л}} = \frac{4,27^2}{1 \cdot 2} \cdot 0,07 = 9,12 \cdot 0,07 = 0,64.$$

26. Определяем по формуле (16.30) вместимость межсменного компенсатора, с учетом

$$\Omega_{\text{ку}} = 11 \text{ м}^3 - \text{объем кузова прицепа (стр.11 МУ №19); } k_{\text{см}} = 1,5;$$

$$t_{\text{в}} = 0,20 \text{ ч} - \text{время заполнения кузова луком, п.7};$$

$$t_{\text{мл}} = 0,266 \text{ ч, п.13}; \quad m_{\text{кзв.лп}} = 1, \text{ п.10.}$$

$\gamma_k = 0,98$ – коэффициент заполнения компенсатора.

$$\begin{aligned}\Omega_{\text{км.л}} &= \frac{m \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см.м}} \cdot \Omega_{\text{ку}} \cdot P_{\text{отк.л}}}{\gamma_k \cdot t_{\text{мл}}} = \frac{1 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 11 \cdot 0,64}{0,98 \cdot 0,266} = \frac{73,92}{0,26} \\ &= 284\text{м}^3\end{aligned}$$

27. Определяем число резервных прицепов.

$$n_{\text{рпл}} = \frac{\Omega_{\text{км.л}}}{\Omega_{\text{ку}}} = \frac{284}{11} = 26.$$

Отчет

Результаты расчетов и выводы по каждому пункту задания для удобства оперативного анализа представить в виде таблицы 20.5.

Таблица 20.5 - Результаты расчетов

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Луковый копатель	ЛКГ-1,4
2	Агрегат для перевозки лука	МТЗ-82 + ПТС - 4
3	Линия для послеуборочной обработки лука	ПМЛ - 6
4	Производительность лукового копателя на выкопке, $W_{млв}$	0,406 га/ч
5	Производительность лукового копателя на подборе, $W_{млп}$	0,731 га/ч
5	Нормативное число копателей на выкопке, $m_{нлв\Sigma}$	2,85
	Нормативное число копателей на подборе, $m_{нлп\Sigma}$	1,58
6	Целое число копателей на выкопке для своей площади, $m_{лв\Sigma}$	1
	Целое число копателей на подборе для своей площади, $m_{лп\Sigma}$	1
7	Производительность транспортного агрегата, $W_{пл}$	4,7 т/ч
8	Нормативное число транспортных средств, $n_{нл\Sigma}$	6,6
9	Общее число транспортных средств, $n_{л\Sigma}$	4
10	Производительность сортировального пункта ПМЛ - 6, W_c	4,4 т/ч
11	Нормативное число ПМЛ - 6, $n_{нл\Sigma}$	5,28
12	Общее число ПМЛ - 6, $n_{л\Sigma}$	3
13	Число комбайнов в уборочно-транспортном звене, $m_{кзв.лв.лп.}$	1
14	Число ПМЛ – 6 в уборочно-транспортном звене, $m_{пзв.}$	3
15	Число транспортных средств в звене, $n_{л.зв}$	4
16	Средняя продолжительность обслуживания одного транспортного средства, $t_{м.л}$	0,266 ч
17	Средняя продолжительность рейса транспортного средства, $t_{пв.л.}$	0,65 ч
18	Интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном, $\mu_{л}$	1,54 1/ч
19	Интенсивность прибытия каждого транспортного средства за луком к комбайну, $\lambda_{л}$	3,75 1/ч
20	Отношение $\alpha_{л} = \lambda_{л}/\mu_{л}$	0,41
21	Вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства для лука, $P_{m0л}$	$P_{m01л} = 0,7$ $P_{m02л} = 0,46$ $P_{m03л} = 0,27$ $P_{m04л} = 0,14$
22	Среднее число простаивающих транспортных средств для перевозки лука, $n_{0л}$	$n_{01л} = 0$ $n_{02л} = 0,14$ $n_{03л} = 0,49$ $n_{04л} = 1,05$

23	Критерий оптимальности, $\overline{C_{mnl}}$	$\overline{C_{mnl1}} = 0,86$ $\overline{C_{mnl2}} = 0,70$ $\overline{C_{mnl3}} = 0,82$ $\overline{C_{mnl4}} = 1,22$
24	Оптимальное число транспортных средств для всего уборочно-транспортного звена, $n_{орт}$	$n_{орт.л} = 2$
25	Коэффициент простоя комбайна, $k_{мл}$	$k_{м.л} = 0,7$
26	Коэффициент простоя транспортных средств, $k_{пт}$	$k_{п.л} = 0,07$
27	Плотность потока требований в виде порций лука, λ_1	$\lambda_{1.л} = 5 \text{ 1/ч}$
28	Плотность суммарного потока требований на обслуживание от всех m комбайнов звена, λ	$\lambda_{л} = 5 \text{ 1/ч}$
29	Интенсивность этих требований каждым транспортным средством, μ	$\mu_{л} = 1,17 \text{ 1/ч}$
30	Отношение $\alpha = \lambda/\mu$	$\alpha_{л} = 4,27$
31	Вероятность одновременного простоя всех транспортных средств из-за отсутствия заполнения прицепов, P_0	$P_{0л} = 0,07$
32	Вероятность отказа в обслуживании, $P_{отк}$	$P_{отк.л} = 0,64$
33	Требуемая вместимость межсменного компенсатора, $\Omega_{км}$	$\Omega_{кмл} = 284\text{м}^3$
34	Число резервных прицепов для ботвы и корнеплодов, $n_{рп}$	$n_{рпл} = 26$

Литература

1. Зангиев А.А., Скороходов А.Н. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во «Лань», 2016. 464 с.
2. Зангиев А.А., Лышко Г.Д., Скороходов А.Н. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1996. 320 с.
3. Зангиев А.А., Шпилько А.В., Левшин А.Г. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: КолосС, 2003. 320 с.
4. Скороходов А.Н., Левшин А.Г. Выбор оптимальных параметров и режимов работы МТА: практикум. М.: Триада, 2012. Ч. 1. 75 с.
5. Моделирование и оптимизация технологических процессов в растениеводстве: практикум / А.Н. Скороходов, А.Г. Левшин, В.Д. Уваров и др. М.: ФГБОУ ВДО МГАУ, 2013. Ч. 2. 145 с.
6. Скороходов А.Н. Эксплуатационное обеспечение безотказной работы агрегатов и комплексов. М.: Изд-во МИИСП, 1990. 122 с.
7. Скороходов А.Н. Методы повышения надежности и эффективности агрегатов и технологических комплексов. М.: ФГОУ ВДО МГАУ, 2003. Ч. 3. 75 с.
8. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. М.: Агропромиздат, 1990. Т. 1. 352 с.
9. Фортуна В.И., Миронюк С.К. Технология механизированных сельскохозяйственных работ. М.: Агропромиздат, 1986. 304 с.

Учебное издание

Самусенко Владимир Иванович

ОПТИМИЗАЦИЯ УБОРКИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Учебно-методические указания для выполнения
практической работы №20

по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»
студентам инженерно-технологического института
по направлению подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 13.06.2024 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,61. Тираж 25 экз. Изд. №7682

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ