

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

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 САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Методические указания для выполнения практической работы № 19

по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»

студентам инженерно-технологического института

по направлению подготовки

35.03.06 «Агроинженерия».

Брянская область, 2023

УДК 631.356.2 (076)

ББК 41.728:42.15

С 17

Самусенко, В. И. Оптимизация уборки сахарной свеклы: методические указания для выполнения практической работы № 19 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, 2023. - 40 с.

Методические указания предназначены для освоения современных методов оптимального проектирования производственных процессов по уборке сахарной свеклы в зависимости от природно-производственных условий. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензенты: к.т.н., доцент Лабух В.М., к.т.н., доцент Кузюр В.М.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссией инженерно-технологического института, протокол № 4, от 24 марта 2023 г.

© Самусенко В.И., 2023

© Брянский ГАУ, 2023

Содержание

Цель задания	4
Содержание задания	4
Методические указания	5
Пример расчета.....	16
Отчет.....	33
Литература	39

Цель задания — освоить современные методы оптимального проектирования производственных процессов по уборке сахарной свеклы в зависимости от природно-производственных условий.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

1. Выписать из таблицы 19.1 исходные данные по соответствующему варианту задания.

Таблица 19.1 – Варианты заданий

№ варианта	Длина гона, м	Площадь поля, га	Урожайность, т/га	Расстояние перевозки, км	Условия уборки
1	400	160	40	5	Сложные
2	500	200	45	7	Нормальные
3	600	230	50	10	Нормальные
4	700	240	40	12	Сложные
5	800	250	40	15	Нормальные
6	900	160	60	13	Нормальные
7	1000	300	35	15	Сложные
8	400	160	40	20	Нормальные
9	500	200	45	7	Нормальные
10	600	300	50	10	Нормальные
11	700	140	40	12	Сложные
12	800	150	40	15	Нормальные
13	900	160	60	13	Нормальные
14	1000	100	35	15	Нормальные
15	800	160	40	20	Сложные
16	750	51	39	8	Сложные
17	850	66	36	5	Нормальные
18	950	83	38	6	Сложные
19	825	62	41	9	Нормальные
20	725	48	49	7	Нормальные
21	625	36	31	13	Нормальные
22	525	25	20	11	Сложные
23	425	16	46	19	Нормальные
24	325	90	22	10	Нормальные
25	225	5	19	12	Нормальные
26	850	96	41	4	Сложные

№ варианта	Длина гона, м	Площадь поля, га	Урожайность, т/га	Расстояние перевозки, км	Условия уборки
27	440	85	31	18	Нормальные
28	540	75	23	7	Нормальные
29	650	47	33	5	Нормальные
30	740	95	29	6	Сложные

Примечание. При необходимости исходные данные могут быть скорректированы преподавателем дисциплины с учетом местных условий.

2. Выбрать эффективную технологию уборки сахарной свеклы.
3. Изложить основные агротехнические требования.
4. Выбрать эффективные ресурсосберегающие агрегаты и изложить основные рекомендации по их практическому комплектованию.
5. Определить общее потребное число агрегатов каждого вида.
6. Определить оптимальные составы уборочно-транспортных звеньев и обеспечить их эффективную работу.
7. Кратко изложить методику контроля качества работы свеклоуборочных агрегатов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Сахарная свекла — одна из важнейших технических культур в нашей стране, возделываемая в основном для получения сахара, а ботву и продукты переработки используют в качестве ценного корма для животных. Среднее содержание сахара в корнеплодах составляет **17-19%** при урожае ботвы не менее **40%** урожая корнеплодов, кормовая ценность которой близка к зеленой массе сеяных трав. Основные регионы возделывания сахарной свеклы в Российской Федерации: Центральный Черноземный район (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская области), а также Краснодарский и Алтайский края. При высокой хозяйственной ценности возделывание сахарной свеклы связано с большими затратами труда, а также финансовых средств. В связи с этим

актуальное значение имеет обоснование ресурсосберегающих методов проектирования соответствующих производственных процессов по уборке сахарной свеклы, включая уборку ботвы для кормовых целей.

Соответствующие пункты задания и методических указаний по их выполнению охватывают все основные элементы операционной технологии уборки сахарной свеклы, включая агротехнические требования, подготовку агрегатов и поля, организацию работы агрегатов и контроль качества работы с общих позиций ресурсосбережения и высокой производительности.

Технология уборки сахарной свеклы определяется закономерностями взаимосвязанного выполнения следующих основных операций:

- скашивание, перевозка и силосование ботвы;
- подкапывание и перевозка корнеплодов;
- послеуборочная доработка корнеплодов при необходимости, погрузка в транспортные средства и перевозка на приемный пункт перерабатывающего предприятия (сахарного завода).

Для выполнения указанных операций применяют в зависимости от природно-производственных условий **три основные технологии** уборки сахарной свеклы:

- поточную;
- перевалочную;
- поточно-перевалочную. Каждая из указанных технологий предусматривает предварительное скашивание ботвы.

Поточная технология предусматривает после скашивания ботвы подкапывание корнеплодов корнеуборочной машиной, их очистку и выгрузку на ходу в кузов идущего рядом транспортного средства и последующую доставку на свеклоприемный пункт. Данная наиболее прогрессивная технология уборки обеспечивает меньшие потери общего урожая и сахара при существенном снижении затрат труда и средств. Однако для применения поточной технологии уборки необходимы благоприятные почвенно-климатические условия и большее число транспортных средств. Эффективное использование транспортных

средств обеспечивается при расстояниях до свеклоприемного пункта до **10** км, причем до **5** км целесообразно использовать тракторный транспорт, а при больших расстояниях — автомобильный самосвального типа.

Перевалочная технология, в отличие от поточной, предусматривает перевозку корнеплодов от уборочного агрегата тракторным транспортом на край поля с выгрузкой в полевые кагаты. Затем корнеплоды доочищают, грузят свеклопогрузчиком в транспортные средства и отправляют на свеклоприемный пункт, желательно в течение одних суток. Потребность в транспортных средствах при этом уменьшается благодаря их использованию в ночное время. Однако существенно возрастают затраты труда и повреждения корнеплодов из-за дополнительных погрузочно-разгрузочных и очистительных операций.

Исходя из этого, необходимость применения данного более сложного способа уборки сахарной свеклы обусловлена прежде всего сложными почвенно-климатическими условиями, при которых требуется доочистка корнеплодов. При нехватке транспортных средств перевалочную технологию уборки применяют и в благоприятных почвенно-климатических условиях при расстоянии до свеклоприемного пункта более **20** км.

Поточно-перевалочная технология уборки сахарной свеклы предусматривает совместное применение в определенных пропорциях поточного и перевалочного принципов с учетом расстояния до свеклоприемного пункта. Данную технологию применяют в благоприятных условиях уборки при повышенных (**11-20** км) расстояниях до свеклоприемного пункта. В благоприятных условиях уборки при нехватке транспорта и расстоянии перевозки корнеплодов до приемного пункта **11-15** км рекомендуется убирать поточным способом **70%** урожая, а перевалочным – **30%**. При расстоянии до приемного пункта **16-20** км оба способа уборки применяют в равных пропорциях, т. е. по **50%** убираемой площади. На основании приведенных данных и заданных условий уборки, включая расстояние перевозки, следует выбрать эффективную технологию уборки сахарной свеклы, применительно к которой необходимо решить поставленные задачи в соответствии с методическими указаниями.

Основные агротехнические требования при уборке сахарной свеклы:

- продолжительность уборки во всех зонах возделывания — до **10** дней;
- число корнеплодов со срезом ботвы выше **2** см — не более **5%**;
- отходы массы головок в ботву при обрезке — до **5%**;
- общие потери зеленой массы ботвы — до **10%**;
- наличие земли в ворохе ботвы по массе — до **0,5%**;
- потери корнеплодов и их частей — до **1,5%**;
- повреждение корнеплодов всего — до **20%**, включая сильное повреждение — до **5%**;
- загрязненность корнеплодов общая — до **10%**, в том числе зеленой массой — до **3%**.

К основным свеклоуборочным агрегатам относятся ботвоуборочные, корнеуборочные, транспортные и погрузочные, из которых следует выбрать наиболее эффективные для заданных условий работы.

Наиболее распространена **шестирядная** система машин для уборки ботвы и корнеплодов с шириной захвата **2,7** м при ширине междурядий **0,45** м. Ботву сахарной свеклы убирают шестирядной ботвоуборочной машиной типа **БМ-6А** с выгрузкой (без измельчения) в кузов идущего рядом транспортного средства. Эту прицепную машину агрегатируют с тракторами **МТЗ-80/82**, реже с трактором **Т-70С** (гусеничный пропашной, специализированный для свекловодства). Корнеплоды убирают шестирядными самоходными корнеуборочными машинами, основные эксплуатационные параметры которых приведены в таблице 19.2.

Таблица 19.2 – Основные эксплуатационные параметры самоходных корнеуборочных машин

Машина	Ширина захвата, м	Число рядков	Рабочая скорость, м/с	Чистая производительность, га/ч
КС-6	2,7	6	1,39-2,5	1,3-1,9
КС-6Б	2,7	6	1,39-3,05	1,3-2,9
РКС-6	2,7	6	1,59	1,35-1,94

Однотипные машины **КС-6** и **КС-6Б** имеют дисковые подкапывающие рабочие органы, а **РКС-6** оснащена шестью активными копачами в виде активных вилок. Энергетическая часть машины **РКС-6** представляет собой установленный на ее раме трактор **МТЗ-80** со снятыми ведущими колесами. Машины **КС-6** и **КС-6Б** предназначены для районов неполивного свеклосеяния, а **РКС-6** используют в основном в поливной зоне. Все указанные корнеуборочные машины работают в комплексе с ботвоуборочной машиной типа **БМ-6А**.

При ширине междурядий **0,6** м используют **четырёхрядную** систему уборочных машин, включая ботвоуборочную **БМ-4А** (модификация **БМ-6А**) и корнеуборочную **РКМ-4** (модификация **РКС-6**), которые в данном задании не рассматриваются из-за их редкого применения.

Для перевозки ботвы к местам силосования используют прицепы **2ПТС-4-887А** и **ПСЕ-12,5**, агрегируемые с тракторами **МТЗ-80/82**. Объемы кузовов прицепов соответственно **11** и **12,5** м³.

Силосную массу в силосохранилищах уплотняют тракторами типа **ДТ-75М** и **Т-150**. Перевозку корнеплодов к полевым кагатам и на свеклоприемные пункты осуществляют при расстоянии до **5** км тракторным транспортом типа **МТЗ-80/82 + 2ПТС-4-887Б** грузоподъемностью **4** т.

Автомобили-самосвалы типа **ГАЗ-САЗ** грузоподъемностью **4** т более эффективны при расстояниях до свеклоприемного пункта **5-15** км, а самосвалы типа **ЗИЛ-ММЗ-554М** грузоподъемностью **5,5** т – на расстояниях более **10** км. Корнеплоды из полевых кагатов грузят в транспортные средства чаще всего навесным свеклопогрузчиком **СНТ-2ДБ** на базе трактора **МТЗ-80/82**. Чистая и эксплуатационная производительность свеклопогрузчика соответственно **45** и **30** т/ч.

В крупных свекловодческих хозяйствах используют высокопроизводительные самоходные свеклопогрузчики **СПС-4,2А** производительностью **200** т/ч. Энергетическая часть погрузчика по аналогии с **РКС-6** состоит из трактора **МТЗ-80**, установленного на его раме. При необходимости для укрытия полевых кагатов почвой используют навесной буртоукрывщик **БН-100А** производитель-

ностью $100 \text{ м}^3/\text{ч}$, который в последующих расчетах не рассматривается, исходя из потребности одного погрузчика в одном хозяйстве.

Соответствующие рекомендации по комплектованию агрегатов и настройке их на требуемый режим работы следует составить на основе специальной литературы.

Общее требуемое число агрегатов каждого вида для своевременной уборки урожая сахарной свеклы следует рассчитать по аналогии с предыдущими заданиями. Сначала по аналогии с (13.1) и (12.8) необходимо определить нормативное (в расчете на 100 га) $m_{н\Sigma}$ и общее m_{Σ} (в расчете на всю посевную площадь F_{Σ} хозяйства, которая задается преподавателем) потребное число корнеуборочных агрегатов выбранного ранее типа. При этом можно принять: $D_k = 10$ дней; $\alpha_k = 0,87$; $T_{см} = 7 \text{ ч}$; $k_{см,м} = 1,5$; $\gamma_{гм} = 0,97$. Производительность соответствующего корнеуборочного агрегата W_m выбираем по нормативным данным из таблицы 19.3 с учетом длины гона L и урожайности U корней.

Таблица 19.3 – Производительность корнеуборочных агрегатов

Агрегат	Урожайность корнеплодов, т/га	Производительность, га/ч, при длине гона, м					
		150 200	200 300	300 400	400 600	600 1000	более 1000
КС-6	До 15	0,657	0,757	0,814	0,871	0,928	0,971
КС-6Б	15,1-25	0,628	0,714	0,771	0,828	0,871	0,914
	25,1-35	0,614	0,686	0,728	0,771	0,800	0,828
	Более 35	0,571	0,628	0,671	0,700	0,743	0,771
РКС-6	До 15	0,571	0,671	0,714	0,771	0,814	0,857
	15,1-25	0,557	0,628	0,671	0,728	0,771	0,800
	25,1-35	0,543	0,600	0,643	0,671	0,700	0,728
	Более 35	0,500	0,557	0,586	0,614	0,657	0,671

Нормативное $m_{н6\Sigma}$ и общее $m_{6\Sigma}$ требуемое число ботвоуборочных машин БМ-6А получим по аналогии с (16.4), подставив вместо W_n производительность ботвоуборочного W_6 агрегата БМ-6А, которая по нормативным данным равна производительности W_m корнеуборочного агрегата. В связи с этим $m_{н6\Sigma} = m_{н\Sigma}$; $m_{6\Sigma} = m_{\Sigma}$. Между урожайностями корней U и ботвы U_6 можно принять усредненное соотношение $U_6 = 0,5U$.

С учетом местных условий можно принять и другое значение U_6 .

Требуемое число транспортных средств для перевозки ботвы, включая нормативное $n_{н6\Sigma}$ и общее $n_{6\Sigma}$, также можно получить на основании (16.4) из условия поточной работы при $U_6 = 0,5U$ и $k_{см.м} = k_{см.н} = 1,5$. Производительность транспортного агрегата при перевозке ботвы $W_{н.6}$ получим из (16.5) при $Q_{гн}k_{г} = Q_{ку}p_6$ с учетом вместимости кузова прицепа $Q_{ку}$, приведенной ранее, и плотности ботвы $p_6 = 0,27$ т/м³ как груза третьего класса, приняв $k_{г} = 0,6$. Усредненно для расстояния перевозки ботвы можно принять $l = 5$ км при средней технической скорости $v_{тех} = 19$ км/ч. Под t_6 в формуле (16.5) подразумевается продолжительность заполнения ботвой кузова тракторного прицепа, определяемая по аналогии с формулой (18.2).

При этом следует принять: $Q_{гн}k_{г} = Q_{ку}p_6$; $U=U_6$; $W_{м}=W_6$ с учетом вместимости прицепа. Кроме того, в формулу (16.5) необходимо подставить $t_{раз} = 0,12$ ч. По аналогии с (16.4) можно рассчитать также нормативное $n_{н\Sigma}$ и общее $n_{н\Sigma}$ требуемые количества транспортных средств для перевозки корнеплодов на свеклоприемный пункт *при поточной технологии* уборки. Производительность транспортного средства W_n также определяется по аналогии с (16.5) при $k_{г} = 1$, так как корнеплоды плотностью $\rho = 0,62$ т/м³ относятся к грузу первого класса. Расстояние $l_{г}$ указано в таблице 19.1. Для $v_{тех}$ в (16.5) принимаем 19 и 32 км/ч соответственно для тракторного и автомобильного транспорта. Время заполнения кузова транспортного средства $t_в$ корнеплодами получим из (18.2) с учетом ранее принятых значений $Q_{гн}$, $k_{г}$, u , u_m , а для $t_{раз}$ в (16.5) принимаем $t_{раз} = 0,12$ ч. Нормативное $n_{н\Sigma}$ и общее $n_{н\Sigma}$ количество транспортных средств для перевозки корнеплодов на свеклоприемный пункт *при перевалочной технологии* получим аналогичным способом, подразумевая под $t_в$ в (16.5) время погрузки корнеплодов из полевого кагата свеклопогрузчиком СНТ-2,1Б, определяемое по формуле

$$t_в = \frac{Q_{гн} \cdot k_{г}}{W_{п}}. \quad (19.1)$$

Производительность свеклопогрузчика $W_{п} = 30$ т/ч рассчитана ранее.

По формулам (16.4) можно получить также нормативное $n_{н.п\Sigma}$ и общее $n_{п\Sigma}$ число свеклопогрузчиков при $W_n = W_n$ и $k_{см.п} = 2$. Нормативное $n_{п\Sigma}$ и общее n_{Σ} требуемое число тракторных прицепов для перевозки корнеплодов от уборочных агрегатов к полевым кагатам при перевалочной технологии вычислим при $k_{смн} = 1,5$, $l_r = 2$ км, $v_{max} = 10$ км/ч, $t_{раз} = 0,12$ ч. Под t_v подразумеваем время заполнения кузова транспортного средства корнеуборочным агрегатом.

При *поточно-перевалочной технологии* уборки нормативное и общее потребное число агрегатов каждого вида можно рассчитать на основе полученных выше результатов, подразумевая под F_{Σ} и F_x площади посевов сахарной свеклы, убираемые соответственно по поточной и перевалочной технологии. Например, если поточным способом убирают **70%** площади посевов, а **30%** — перевалочным способом, то значения F_{Σ} и F_x следует сначала умножить на **0,7**, а потом на **0,3**.

В засушливых условиях на тяжелых почвах используют также агрегаты для предуборочного рыхления почвы в междурядьях на глубину **10-12** см. Требуемое число этих агрегатов при необходимости также можно определить по формуле (16.4).

Оптимальные составы уборочно-транспортных звеньев определим по аналогии с предыдущими заданиями. Основными в звене являются корнеуборочные агрегаты, поэтому прежде всего необходимо определить их число m на основании (13.1) и (13.2). Средняя площадь одного поля F_n задана в таблице 19.1, а продолжительность уборки этого поля D_n выбираем в диапазоне **1-3** дня. Если при $D_n = 3$ получено $m > 5$, то с учетом выражения (13.3) следует организовать несколько звеньев, выбрав одно из них для последующих расчетов. Значения W_m , $T_{см}$, $k_{смн}$ приведены выше. Поскольку производительность корнеуборочных W_m и ботвоуборочных W_6 агрегатов ранее принята одинаковой, то число ботвоуборочных агрегатов m_6 в звене равно числу корнеуборочных m .

Требуемое число транспортных средств n в звене при всех трех технологиях уборки сахарной свеклы можно рассчитать по формуле (16.8) при упрощенном варианте расчета с учетом полученных ранее значений производитель-

ности W_n транспортных агрегатов каждого вида. Под W_n и U в формуле (16.8) при перевозке ботвы автомобилями-самосвалами следует подразумевать производительность ботвоуборочного агрегата W_6 и урожайность U_6 ботвы. Переход к большему числу погрузчиков при необходимости возможен по аналогии с предыдущим случаем с теми же значениями поправочных коэффициентов Φ_k . Оптимальное число тракторных транспортных агрегатов для перевозки корнеплодов от свеклоуборочных агрегатов к полевым кагатам при перевалочной технологии получим по аналогии с рассмотренной выше поточной технологией после определения соответствующих исходных данных.

При определении плотности λ потока требований следует принять $l_r = 2$ км; $v_{\text{тех}} = 10$ км/ч; $t_{\text{раз}} = 0,12$ ч. Интенсивность обслуживания требований μ_a получим с учетом значения t_m , рассчитанного по формуле

$$t_m = t_k + t_{\text{зам.}}$$

где t_k – продолжительность заполнения кузова, ч; $t_{\text{зам}}$ – продолжительность замены транспортного средства, **0,066** ч.

Приближенно в выражении (16.12) можно принять также $C_m / C_n = 1,922$.

Аналогичное оптимальное решение на основании (16.12)...(16.14) получим для взаимосвязанной работы ботвоуборочных и транспортных агрегатов при $l_r = 5$ км и $v_{\text{тех}} = 19$ км/ч. Значение t_m при определении интенсивности обслуживания μ соответствует времени заполнения кузова тракторного прицепа ботвой, вычисляемому по формуле (18.2), подразумевая под U и W_m соответственно урожайность ботвы и производительность ботвоуборочного агрегата. Следует принять также соотношение $C_m / C_n = 1,171$ (здесь C_m — оптовая цена ботвоуборочного агрегата; C_n — оптовая цена транспортного средства).

Упрощенные эффективные решения методами теории массового обслуживания можно получить на основании (16.27)...(16.30) для всех трех технологий уборки сахарной свеклы. При этом предполагают, что от каждого ботво- и корнеуборочного агрегата исходит поток требований (в виде порций ботвы или корнеплодов) плотностью λ .

Эту плотность вычислим по формуле

$$\lambda = \frac{1}{t_k},$$

где t_k — продолжительность заполнения кузова транспортного средства ботвой или корнеплодами, ч.

Значение t_k вычислим по формуле (17.3), подразумевая под U_k урожайность корнеплодов или ботвы при $t_n = 0,0147$ ч и ранее приведенные значения ширины захвата B и скорости v уборочных агрегатов, а также грузоподъемности $Q_{гн}$ и коэффициента k_r .

Общую плотность потока требований λ от всех m уборочных агрегатов звена получим по аналогии с выражением (16.5):

$$\lambda = m \cdot \lambda_1 = m/t_k.$$

Интенсивность μ обслуживания указанных требований можно определить на основании выражений (16.15) и (16.16) с учетом ранее полученных $t_{раз}$ и $t_{зам}$:

$$\mu = \frac{1}{\frac{2 \cdot l_r}{v_{тех}} + t_{раз} + t_{зам}}.$$

Далее вычислим соотношение между вероятностью отказа $P_{отк}$ в транспортном обслуживании уборочных агрегатов и массой урожая корней Q_k , размещаемой в межсменном технологическом компенсаторе, в виде

$$Q = m \cdot W_m \cdot T_{см} \cdot k_{смт} \cdot U \cdot P_{отк}.$$

В качестве технологических компенсаторов при всех способах уборки ботвы и корнеплодов удобнее использовать сменяемые прицепы, перемещаемые по полю специальным трактором. Число таких прицепов

$$n_{п} = \frac{Q_k}{Q_{гн} \cdot k_r}.$$

Задавая приемлемое эффективное значение вероятности отказа $P_{отк,э}$, можно определить соответствующее значение $Q_{к,э}$ и число сменных прицепов $n_{п,э}$.

Более глубокий анализ различных вариантов эффективного использования технологических компенсаторов на уборке сахарной свеклы можно выполнить в качестве студенческой исследовательской работы на базе ЭВМ.

Задачи силосования ботвы при необходимости можно решить по аналогии с силосованием кукурузы.

После обоснования оптимального состава уборочно-транспортного звена изложенными методами для заданного варианта необходимо также решить задачу обеспечения эффективной работы агрегатов методами операционной технологии уборки сахарной свеклы, включая подготовку поля и организацию движения. До начала уборки поле разбивают на загоны в зависимости от принятого способа движения и убирают свеклу перевалочным способом с поворотных полос и межзагонных проходов. При этом границы загонов должны проходить по стыковым междурядьям, получаемым при посеве семян. Ширина поворотной полосы для шестирядных уборочных машин должна составлять **21,6 м**, что равно четырем проходам **12**-рядной сеялки с междурядьями **45 см**. Ширина межзагонных проходов составляет **12** рядков (**5,4 м**) при оптимальной ширине загона **108 м** или **240** рядков для **40** проходов шестирядной корнеуборочной машины, каждая из которых должна работать на отдельном загоне. Агрегаты совершают движение **беспетлевым комбинированным** способом, убирая сначала в каждом загоне по **80** рядков с двух сторон (по **36 м**) путем движения по схеме **вразвал** по ходу часовой стрелки, чтобы выгружать корнеплоды в сторону убранной части поля.

Оставшиеся в серединах двух соседних загонов участки также по **80** рядков убирают совместно по схеме **всвал** от центра к периферии против хода часовой стрелки с выгрузкой корнеплодов в сторону убранной части загона. Описанную схему подготовки поля и движения агрегатов целесообразно изобразить в тетради.

При **перевалочной** и **поточно-перевалочной** технологиях уборки сахарной свеклы для временного хранения и доработки корнеплодов подготавливают перевалочные площадки (чаще всего на поворотных полосах), на которых размещают полевые кагаты.

Рекомендуют следующие размеры кагата для свеклопогрузчика **СНТ-2,1Б**: ширина у основания **1,9-2,1 м**, высота **0,8-1 м** при конусообразной форме в попереч-

ном сечении. При использовании самоходного свеклопогрузчика-очистителя СПС-4,2 указанные размеры кагата соответственно имеют значения 3,5-4 м и 1-1,4 м.

Качество уборки сахарной свеклы оценивают балльным методом по следующим основным показателям:

- полноте уборки ботвы;
- отходам сахароносной массы в ботву;
- загрязненности ботвы;
- полноте подкапывания и подбора корнеплодов;
- повреждению корнеплодов;
- загрязненности корнеплодов зеленой массой.

Пример расчета варианта задания №30

1. Выписываем из таблицы 19.1 вариант задания №30.

№ варианта	Длина гона, м	Площадь поля, га	Урожайность, т/га	Расстояние перевозки, км	Условия уборки
30	740	95	29	6	Сложные

2. Выбираем эффективную технологию уборки сахарной свеклы в соответствии с заданием (стр.6).

Так как у нас сложные условия уборки, то выбираем перевалочную технологию уборки сахарной свеклы.

Перевалочная технология предусматривает после скашивания ботвы перевозку корнеплодов от уборочного агрегата тракторным транспортом на край поля с выгрузкой в полевые кагаты. Затем корнеплоды доочищают, грузят свеклопогрузчиком в транспортные средства и отправляют на свеклоприемный пункт, желательно в течение одних суток. Потребность в транспортных средствах при этом уменьшается благодаря их использованию в ночное время. Однако существенно возрастают затраты труда и повреждения корнеплодов из-за дополнительных погрузочно-разгрузочных и очистительных операций.

Исходя из этого, необходимость применения данного более сложного способа уборки сахарной свеклы обусловлена прежде всего сложными почвенно-климатическими условиями, при которых требуется доочистка корнеплодов.

3. Основные агротехнические требования при уборке сахарной свеклы (стр.7):

- продолжительность уборки во всех зонах возделывания — до **10** дней;
- число корнеплодов со срезом ботвы выше **2** см — не более **5%**;
- отходы массы головок в ботву при обрезке — до **5%**;
- общие потери зеленой массы ботвы — до **10%**;
- наличие земли в ворохе ботвы по массе — до **0,5%**;
- потери корнеплодов и их частей — до **1,5%**;
- повреждение корнеплодов всего — до **20%**, включая сильное повреждение — до **5%**;
- загрязненность корнеплодов общая — до **10%**, в том числе зеленой массой — до **3%**.

4. Выбираем эффективные ресурсосберегающие агрегаты, необходимые для уборки сахарной свеклы по выбранной технологии и излагаем основные рекомендации по их практическому комплектованию.

К основным свеклоуборочным агрегатам относятся ботвоуборочные, корнеуборочные, транспортные и погрузочные (стр.8).

Ботву сахарной свеклы убирают шестирядной ботвоуборочной машиной типа **БМ-6А** с выгрузкой (без измельчения) в кузов идущего рядом транспортного средства. Эту прицепную машину агрегируют с тракторами **МТЗ-80/82**, реже с трактором **Т-70С**.

Так как у нас сложные условия уборки, то выбираем **Т-70С + БМ-6А**.

Для перевозки ботвы к местам силосования используем прицеп **2ПТС-4-887А**, агрегируемый с тракторами **МТЗ-80/82**. Объем кузова прицепа **11 м³**.

Для уборки корнеплодов выбираем самоходную корнеуборочную машину **КС-6Б**.

Силосную массу уплотняем трактором **ДТ-75М**.

Перевозку корнеплодов к полевым кагатам осуществляем тракторным транспортом типа **МТЗ-80/82 + 2ПТС-4- 887Б** грузоподъемностью **4 т**.

Для погрузки корнеплодов из полевых кагатов в транспортные средства используем навесной свеклопогрузчик **СНТ-2,1Б** на базе трактора **МТЗ-80/82**. Чистая и эксплуатационная производительность свеклопогрузчика соответственно **45** и **30** т/ч.

Так как у нас расстояние перевозки до свеклоприемного пункта 6 км., то выбираем автомобиль ГАЗ-САЗ грузоподъемностью 4 т.

5. Определяем нормативное число корнеуборочных агрегатов, с учетом, что

$u_k = 29$ т/га – урожайность корнеплодов, (в задании);

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

$D_k = 10$ дн. – продолжительность уборки (стр.10);

$\alpha_k = 0,87$ – коэффициент использования календарного времени;

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

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

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

$W_{мк} = 0,8$ га/ч – производительность агрегата (табл. 19.3)

$$m_{нк\sigma} = \frac{F_{н\sigma}}{D_k \cdot \alpha_k \cdot W_m \cdot T_{см} \cdot k_{см.м} \cdot \gamma_{гм}} = \frac{100}{10 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,97} = \frac{100}{70,88} = 1,41$$

6. Определяем общую потребность в комбайнах, с учетом, что $F_{\Sigma} = 95$ га, (в задании).

$$m_{к\sigma} = \frac{F_{\Sigma}}{100} \cdot m_{н\sigma} = \frac{95}{100} \cdot 1,41 = 0,95 \cdot 1,41 = 1,33 \approx 2$$

7. Определяем нормативное число ботвоуборочных машин, с учетом, что

$u_b = 0,5$ $u_k = 0,5 \cdot 29 = 14,5$ т/га – урожайность ботвы, (стр. 10);

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

$D_k = 10$ дн. – продолжительность уборки (стр.10);

$\alpha_k = 0,87$ – коэффициент использования календарного времени;

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

$\gamma_{\text{гмб}} = 0,97$ – коэффициент готовности машины;

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

$W_{\text{б}} = W_{\text{м}} = 0,8$ га/ч – производительность агрегата (табл. 19.3)

$$m_{\text{нб}\Sigma} = \frac{F_{\text{н}\Sigma}}{D_{\text{к}} \cdot \alpha_{\text{к}} \cdot W_{\text{б}} \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см.б}} \cdot \gamma_{\text{гб}}} = \frac{100}{10 \cdot 0,87 \cdot 0,8 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,97} = \frac{100}{70,88} = 1,41$$

8. Определяем общую потребность в ботвоуборочных машинах, с учетом, что $F_{\Sigma} = 95$ га, (в задании).

$$m_{\text{б}\Sigma} = \frac{F_{\Sigma}}{100} \cdot m_{\text{нб}\Sigma} = \frac{95}{100} \cdot 1,41 = 0,95 \cdot 1,41 \approx 2.$$

9. Определяем часовую производительность транспортного агрегата для перевозки ботвы, с учетом, что

$Q_{\text{гн}} = Q_{\text{ку}} \rho_{\text{б}} = 11 \cdot 0,27 = 2,3$ т – фактическая грузоподъемность прицепа, (стр. 11);

где $Q_{\text{ку}} = 11$ м³ – объем кузова прицепа (стр. 11);

$\rho_{\text{б}} = 0,27$ т/м³ – плотность ботвы (стр. 11);

$k_{\text{г}} = 0,6$ - коэффициент использования грузоподъемности, (стр. 11);

$V_{\text{тех.}} = 19$ км/ч – скорость движения трактора с прицепом, (стр.11);

$l_{\text{г}} = 5$ км – расстояние перевозки ботвы, (стр. 11);

$t_{\text{в}}$ – время заполнения кузова прицепа ботвой, (стр.11);

$t_{\text{в}} = Q_{\text{гн}} k_{\text{г}} / U W_{\text{м}} = 2,3 \cdot 0,6 / 14,5 \cdot 0,8 = 1,38 / 11,6 = 0,12$ ч;

$t_{\text{раз.}} = 0,12$ ч – продолжительность разгрузки (стр.11).

$$W_{\text{нб}} = \frac{Q_{\text{гн}} \cdot k_{\text{г}}}{\frac{2 \cdot l_{\text{г}}}{V_{\text{тех.}}} + t_{\text{в}} + t_{\text{раз.}}} = \frac{2,3 \cdot 0,6}{\frac{2 \cdot 5}{19} + 0,12 + 0,12} = \frac{1,38}{0,53 + 0,12 + 0,12} = \frac{1,38}{0,77} = 1,79 \text{ т/ч.}$$

10. Определяем нормативное $n_{\text{н}\Sigma}$ и общее число n_{Σ} транспортных средств для перевозки ботвы, с учетом, что

$u_{\text{б}} = 0,5$ $u_{\text{к}} = 0,5 \cdot 29 = 14,5$ т/га – урожайность ботвы, (п. 7);

$k_{\text{см.п}} = k_{\text{см.б}} = 1,5$ – коэффициент сменности;

$W_{\text{нб}} = 1,79$ т/ч - часовая производительность транспортного агрегата.

$$n_{\text{H}\Sigma} = \frac{m_{\text{H}\Sigma} \cdot u_{\text{б}} \cdot W_{\text{мб}} \cdot k_{\text{см.м.б}}}{W_{\text{нб}} \cdot k_{\text{см.нб}}} = \frac{1,41 \cdot 14,5 \cdot 0,8 \cdot 1,5}{1,79 \cdot 1,5} = \frac{24,53}{2,7} = 9,08;$$

$$n_{\Sigma} = \frac{m_{\text{б}\Sigma} \cdot u_{\text{б}} \cdot W_{\text{мб}} \cdot k_{\text{см.м.б}}}{W_{\text{нб}} \cdot k_{\text{см.нб}}} = \frac{2 \cdot 14,5 \cdot 0,8 \cdot 1,5}{1,79 \cdot 1,5} = \frac{34,8}{2,7} = 12,88 \approx 13.$$

11. Определяем часовую производительность транспортного агрегата для перевозки корнеплодов от уборочных агрегатов полевым кагатом, с учетом, что $Q_{\text{ГН}} = Q_{\text{ку}} \rho_{\text{б}} = 11 \cdot 0,62 = 6,82$ т – фактическая грузоподъемность прицепа, (стр. 11);

где $Q_{\text{ку}} = 11 \text{ м}^3$ – объем кузова прицепа (стр. 9);

$\rho_{\text{б}} = 0,62 \text{ т/м}^3$ – плотность корнеплодов (стр. 11).

$k_{\Gamma} = 1$ - коэффициент использования грузоподъемности, (стр. 11);

$V_{\text{тех.}} = 10 \text{ км/ч}$ – скорость движения трактора с прицепом, (стр.11);

$l_{\Gamma} = 2 \text{ км}$ – расстояние перевозки корнеплодов, (стр. 11);

$t_{\text{в}}$ – время заполнения кузова прицепа корнеплодами, (стр.11);

$$t_{\text{в}} = Q_{\text{ГН}} k_{\Gamma} / U W_{\text{м}} = 6,82 \cdot 1,0 / 29 \cdot 0,8 = 6,82 / 23,2 = 0,29 \text{ ч};$$

$t_{\text{раз.}} = 0,12 \text{ ч}$ – продолжительность разгрузки (стр.11).

$$W_{\text{нк}} = \frac{Q_{\text{ГН}} \cdot k_{\Gamma}}{\frac{2 \cdot l_{\Gamma}}{V_{\text{тех.}}} + t_{\text{в}} + t_{\text{раз.}}} = \frac{6,82 \cdot 1,0}{\frac{2 \cdot 2}{10} + 0,29 + 0,12} = \frac{6,82}{0,4 + 0,29 + 0,12} = \frac{6,82}{0,81} = 8,42 \text{ т/ч}.$$

12. Определяем нормативное $n_{\text{H}\Sigma}$ и общее число n_{Σ} тракторных прицепов для перевозки корнеплодов от уборочных агрегатов к полевым кагатом, с учетом, что

$u_{\text{к}} = 29 \text{ т/га}$ – урожайность корнеплодов, (в задании);

$k_{\text{см.п}} = 1,5$ – коэффициент сменности (стр. 11);

$W_{\text{нк}} = 8,42 \text{ т/ч}$ - часовая производительность транспортного агрегата.

$$n_{\text{H}\Sigma} = \frac{m_{\text{H}\Sigma} \cdot u_{\text{к}} \cdot W_{\text{нк}} \cdot k_{\text{см.м.к}}}{W_{\text{нк}} \cdot k_{\text{см.п}}} = \frac{1,41 \cdot 29 \cdot 0,8 \cdot 1,5}{8,42 \cdot 1,5} = \frac{49,06}{12,63} = 3,88;$$

$$n_{\text{к}\Sigma} = \frac{m_{\text{к}\Sigma} \cdot u_{\text{к}} \cdot W_{\text{нк}} \cdot k_{\text{см.м.к}}}{W_{\text{нк}} \cdot k_{\text{см.п}}} = \frac{2 \cdot 29 \cdot 0,8 \cdot 1,5}{8,42 \cdot 1,5} = \frac{69,6}{12,63} = 5,51 \approx 6.$$

13. Определяем часовую производительность транспортного агрегата (в нашем случае ГАЗ-САЗ) для перевозки корнеплодов на свеклоприемный пункт, с учетом, что

$Q_{\text{ГН}} = 4 \text{ т}$ – фактическая грузоподъемность самосвала, (стр. 9);

$k_{\text{Г}} = 1$ - коэффициент использования грузоподъемности, (стр. 11);

$V_{\text{тех.}} = 32 \text{ км/ч}$ – скорость движения самосвала, (стр.11);

$l_{\text{Г}} = 9 \text{ км}$ – расстояние перевозки ботвы, (в задании);

$t_{\text{в}}$ – время заполнения кузова корнеплодами из кагата свеклопогрузчиком, (формула 19.1);

$$t_{\text{в}} = Q_{\text{ГН}} k_{\text{Г}} / W_{\text{П}} = 4 \cdot 1,0 / 30 = 0,13 \text{ ч};$$

где $W_{\text{П}} = 30 \text{ т/ч}$ – эксплуатационная производительность свеклопогрузчика (стр. 9);

$t_{\text{раз.}} = 0,12 \text{ ч}$ – продолжительность разгрузки (стр.11).

$$W_{\text{нка}} = \frac{Q_{\text{ГН}} \cdot k_{\text{Г}}}{\frac{2 \cdot l_{\text{Г}}}{V_{\text{тех.}}} + t_{\text{в}} + t_{\text{раз.}}} = \frac{4 \cdot 1,0}{\frac{2 \cdot 9}{32} + 0,13 + 0,12} = \frac{4}{0,56 + 0,13 + 0,12} = \frac{4}{0,81} = 4,94 \text{ т/ч.}$$

14. Определяем нормативное $n_{\text{нп}\Sigma}$ и общее число $n_{\text{п}\Sigma}$ свеклопогрузчиков, с учетом, что

$u_{\text{к}} = 29 \text{ т/га}$ – урожайность корнеплодов, (в задании);

$k_{\text{см.п}} = 2$ – коэффициент сменности свеклопогрузчика (стр. 11);

$W_{\text{пк}} = 8,42 \text{ т/ч}$ - часовая производительность транспортного агрегата (п. 11).

$$n_{\text{нп}\Sigma} = \frac{n_{\text{нк}\Sigma} \cdot W_{\text{пк}} \cdot k_{\text{см.п.к}}}{W_{\text{П}} \cdot k_{\text{см.п}}} = \frac{3,88 \cdot 8,42 \cdot 1,5}{30 \cdot 2} = \frac{49,13}{60} = 0,81;$$

$$n_{\text{п}\Sigma} = \frac{n_{\text{к}\Sigma} \cdot W_{\text{пк}} \cdot k_{\text{см.п.к}}}{W_{\text{П}} \cdot k_{\text{см.п}}} = \frac{6 \cdot 8,42 \cdot 1,5}{30 \cdot 2} = \frac{75,78}{60} = 1,26 \approx 1.$$

15. Определяем нормативное $n_{\text{н}\Sigma}$ и общее число n_{Σ} автомобилей для перевозки корнеплодов на свеклоприемный пункт, с учетом, что

$u_{\text{к}} = 29 \text{ т/га}$ – урожайность корнеплодов, (в задании);

$k_{\text{см.п}} = 2$ – коэффициент сменности (стр. 11);

$W_{\text{пка}} = 4,94 \text{ т/ч}$ - часовая производительность транспортного агрегата.

$$n_{\text{на}\Sigma} = \frac{n_{\text{нп}\Sigma} \cdot W_{\text{п}} \cdot k_{\text{см.п}}}{W_{\text{нка}} \cdot k_{\text{см.н}}} = \frac{0,81 \cdot 30 \cdot 2}{4,94 \cdot 2} = \frac{48,6}{9,88} = 4,91;$$

$$n_{\text{а}\Sigma} = \frac{n_{\text{п}\Sigma} \cdot W_{\text{п}} \cdot k_{\text{см.п}}}{W_{\text{нка}} \cdot k_{\text{см.н}}} = \frac{1 \cdot 30 \cdot 2}{4,94 \cdot 2} = \frac{60}{9,88} = 6,07 \approx 6.$$

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

$F_{\text{п}} = 95$ га – площадь поля, (в задании);

$D_{\text{п}} = 10$ дн. – продолжительность обработки поля, (п. 5);

$W_{\text{нк}} = 0,8$ га/ч – производительность комбайна (п.5).

$$m_{\text{кзв}} = \frac{F_{\text{п}}}{D_{\text{п}} \cdot W_{\text{м}} \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см}} \cdot \gamma_{\text{гтм}}} = \frac{95}{10 \cdot 0,8 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,97} = \frac{95}{81,5} = 1,16 \approx 2.$$

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

Поскольку производительность корнеуборочных $W_{\text{м}}$ и ботвоуборочных $W_{\text{б}}$ агрегатов ранее принята одинаковой, то число ботвоуборочных агрегатов $m_{\text{бзв}}$ в звене равно числу корнеуборочных $m_{\text{кзв}}$ (стр. 12), то есть

$$m_{\text{бзв}} = 2.$$

17. Определяем по формуле (16.8) число погрузчиков СНТ-2,1Б, учитывая, что

$W_{\text{п}} = 30$ т/ч – производительность СНТ-2,1Б, (п. 13);

$k_{\text{см.п}} = 2$ – коэффициент сменности транспортного агрегата, (п.14).

$$m_{\text{п.зв}} = \frac{m_{\text{кзв}} \cdot W_{\text{нк}} \cdot u_{\text{к}} \cdot k_{\text{см.п}}}{W_{\text{п}} \cdot k_{\text{см.п}}} = \frac{4 \cdot 0,8 \cdot 29 \cdot 1,5}{30 \cdot 2} = \frac{139,2}{60} = 2,32 \approx 2.$$

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

$u_{\text{к}} = 29$ т/га – урожайность корнеплодов, (в задании);

$u_{\text{б}} = 14,5$ т/га - урожайность ботвы, (п. 7);

$W_{\text{нк}} = 8,42$ т/ч - часовая производительность транспортного агрегата при перевозке корнеплодов в кагаты, (п. 11);

$W_{\text{нб}} = 1,79$ т/ч –производительность транспортного агрегата для перевозки ботвы, (п. 9).

$W_{\text{нка}} = 4,94$ т/ч - часовая производительность транспортного агрегата при перевозке корнеплодов от кагатов, на свеклоприемный пункт (п. 13)

$$n_{\text{к.зв}} = \frac{m_{\text{кзв}} \cdot W_{\text{мк}} \cdot u_{\text{к}} \cdot k_{\text{см.м.}}}{W_{\text{н.к}} \cdot k_{\text{см.н}}} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 29 \cdot 1,5}{8,42 \cdot 1,5} = \frac{69,6}{12,63} = 5;$$

$$n_{\text{б.зв}} = \frac{m_{\text{бзв}} \cdot W_{\text{мб}} \cdot u_{\text{б}} \cdot k_{\text{см.м.}}}{W_{\text{н.б}} \cdot k_{\text{см.н}}} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 14,5 \cdot 1,5}{1,79 \cdot 1,5} = \frac{34,8}{2,68} = 12,98 \approx 13.$$

$$n_{\text{а.зв}} = \frac{m_{\text{азв}} \cdot W_{\text{мп}} \cdot k_{\text{см.п.}}}{W_{\text{н.ка}} \cdot k_{\text{см.а}}} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 2}{4,94 \cdot 2} = \frac{120}{9,88} \approx 12.$$

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

$$t_{\text{зам.}} = 0,066 \text{ ч} - \text{время замены транспортного средства, (стр. 13);}$$

$$t_{\text{бб}} = 0,12 \text{ ч} - \text{время заполнения кузова прицепа ботвой, (п. 9);}$$

$$t_{\text{вк}} = 0,29 \text{ ч.} - \text{время заполнения кузова прицепа корнеплодами, (п. 11);}$$

$t_{\text{ва}} = 0,13 \text{ ч} - \text{время заполнения кузова корнеплодами из кагата свеклопогрузчиком, (п. 13).}$

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

где $t_{\text{к}} = t_{\text{в}}$ - продолжительность заполнения кузова, ч; $t_{\text{зам}}$ - продолжительность замены транспортного средства.

$$t_{\text{мб}} = 0,12 + 0,066 = 0,186 \text{ч};$$

$$t_{\text{м.к}} = 0,29 + 0,066 = 0,356 \text{ч};$$

$$t_{\text{ма}} = 0,13 + 0,066 = 0,196 \text{ч.}$$

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

$$l_{\text{бб}} = 5 \text{ км} - \text{расстояние перевозки ботвы, (п. 9);}$$

$$l_{\text{гк}} = 2 \text{ км} - \text{расстояние перевозки корнеплодов к кагатам, (п. 11);}$$

$$l_{\text{га}} = 9 \text{ км} - \text{расстояние перевозки корнеплодов на приемный пункт, (п. 13);}$$

$$V_{\text{тех.б}} = 19 \text{ км/ч} - \text{скорость движения трактора с ботвой, (п. 9);}$$

$V_{\text{тех.к}} = 10 \text{ км/ч} - \text{скорость движения трактора с корнеплодами к кагатам, (п. 11);}$

$$V_{\text{тех.а}} = 32 \text{ км/ч} - \text{скорость движения самосвала с корнеплодами, (п. 13);}$$

$$t_{\text{раз.}} = 0,12 \text{ ч} - \text{продолжительность разгрузки.}$$

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

$$t_{n.вк} = \frac{2 \cdot 2}{10} + 0,12 = 0,4 + 0,12 = 0,52 \text{ ч.}$$

$$t_{n.ва} = \frac{2 \cdot 9}{32} + 0,12 = 0,56 + 0,12 = 0,68 \text{ ч.}$$

21. Определяем по формуле (16. 15) интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном μ и интенсивность прибытия каждого транспортного средства к комбайну λ

$$\mu_{б} = \frac{1}{t_{n.вб}} = \frac{1}{0,65} = 1,54 \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{б} = \frac{1}{t_{m.б}} = \frac{1}{0,186} = 5,37 \text{ 1/ч.}$$

$$\mu_{к} = \frac{1}{t_{n.вк}} = \frac{1}{0,52} = 1,92 \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{к} = \frac{1}{t_{m.к}} = \frac{1}{0,356} = 2,8 \text{ 1/ч.}$$

$$\mu_{а} = \frac{1}{t_{n.ва}} = \frac{1}{0,68} = 1,47 \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{а} = \frac{1}{t_{m.а}} = \frac{1}{0,196} = 5,1 \text{ 1/ч.}$$

Тогда

$$\alpha_{б} = \lambda_{б}/\mu_{б} = 5,37/1,54 = 3,48;$$

$$\alpha_{к} = \lambda_{к}/\mu_{к} = 2,8/1,92 = 1,45;$$

$$\alpha_{а} = \lambda_{а}/\mu_{а} = 5,1/1,47 = 3,47.$$

22. Определяем по формуле (16.13) вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства. Так как в нашем звене 5 транспортных агрегатов (п.18) для перевозки корнеплодов к кагатам, то расчеты выполняем 5 раз.

При $n_k = 1$

$$\begin{aligned} P_{m0} &= \\ &= \frac{1}{1 + n \cdot \alpha + n \cdot (n - 1) \cdot \alpha^2 + n \cdot (n - 1) \cdot (n - 2) \alpha^3 + \dots + n \cdot (n - 1) \dots 1 \alpha^n} \\ &= P_{m01k} = \frac{1}{1 + 1 \cdot 1,45} = \frac{1}{2,45} = 0,41. \end{aligned}$$

При $n_k = 2$

$$\begin{aligned} P_{m02k} &= \frac{1}{1 + 2 \cdot 1,45 + 2 \cdot (2 - 1) \cdot 1,45^2} = \frac{1}{1 + 2,90 + 2 \cdot 2,1} = \frac{1}{1 + 2,90 + 4,2} \\ &= \frac{1}{8,1} = 0,123. \end{aligned}$$

При $n_k = 3$

$$\begin{aligned} P_{m03k} &= \frac{1}{1 + 3 \cdot 1,45 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot 1,45^2 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot (3 - 2) \cdot 1,45^3} = \\ &= \frac{1}{1 + 4,35 + 3 \cdot 2 \cdot 2,1 + 3 \cdot 2 \cdot 3,04} = \frac{1}{1 + 4,35 + 12,6 + 18,24} \\ &= \frac{1}{36,2} = 0,0276. \end{aligned}$$

При $n_k = 4$

$$\begin{aligned} P_{m04k} &= \frac{1}{1 + 4 \cdot 1,45 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot 1,45^2 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot 1,45^3 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot (4 - 3) \cdot 1,45^4} \\ &= \frac{1}{1 + 5,8 + 12 \cdot 2,1 + 24 \cdot 3,04 + 24 \cdot 4,42} = \frac{1}{6,8 + 25,2 + 72,96 + 106} = \frac{1}{211} = 0,0047. \end{aligned}$$

При $n_k = 5$

$$\begin{aligned} P_{m05k} &= 1 / (1 + 5 \cdot 1,45 + 5 \cdot (5 - 1) \cdot 1,45^2 + 5 \cdot (5 - 1) \cdot (5 - 2) \cdot 1,45^3 + 5 \\ &\quad \cdot (5 - 1) \cdot (5 - 2) \cdot (5 - 3) \cdot 1,45^4 + 5 \cdot (5 - 1) \cdot (5 - 2) \cdot \\ &\quad \cdot (5 - 3) \cdot (5 - 4) \cdot 1,45^5) = \\ &= 1 / (1 + 7,25 + 20 \cdot 2,1 + 60 \cdot 3,04 + 120 \cdot 4,42 + 120 \cdot 6,4) = \\ &= 1 / (8,25 + 42 + 182,4 + 530,4 + 768) = 1 / 1531 = 0,0006. \end{aligned}$$

Для перевозки ботвы в звене 13 транспортных агрегатов (п. 18), поэтому расчет выполняем 13 раз.

$$P_{m01.6} = \frac{1}{1 + 1 \cdot 3,48} = \frac{1}{4,48} = 0,223;$$

$$P_{m02.6} = \frac{1}{1 + 2 \cdot 3,48 + 2 \cdot (2 - 1) \cdot 3,48^2} = \frac{1}{1 + 6,96 + 2 \cdot 12,11} = \frac{1}{7,96 + 24,22}$$

$$= \frac{1}{32,18} = 0,031;$$

$$P_{m03.6} = \frac{1}{1 + 3 \cdot 3,48 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot 3,48^2 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot (3 - 2) \cdot 3,48^3}$$

$$= \frac{1}{1 + 10,44 + 6 \cdot 12,11 + 6 \cdot 42,14} = \frac{1}{11,44 + 72,66 + 252,84}$$

$$= \frac{1}{336,94} = 0,0029;$$

$$P_{m04.6} = 1/(1 + 4 \cdot 3,48 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot 3,48^2 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot 3,48^3 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2)(4 - 3) \cdot 3,48^4) = 1/(1 + 13,92 + 12 \cdot 12,11 + 24 \cdot 42,14 + 24 \cdot 146,65)$$

$$= 1/(1 + 13,92 + 145,32 + 1011 + 3520) = 1/4691 = 0,0002.$$

Для остальных агрегатов принимаем:

$$P_{m05.6} = 0; P_{m06.6} = 0; P_{m07.6} = 0; P_{m08.6} = 0; P_{m09.6} = 0;$$

$$P_{m010.6} = 0; P_{m011.6} = 0; P_{m012.6} = 0; P_{m013.6} = 0.$$

Для перевозки корнеплодов от свеклопогрузчика на приемный пункт в звене 12 автомобилей (п. 18), поэтому расчет выполняем 12 раз.

$$P_{m01.a} = \frac{1}{1 + 1 \cdot 3,47} = \frac{1}{4,47} = 0,223;$$

$$P_{m02.a} = \frac{1}{1 + 2 \cdot 3,47 + 2 \cdot (2 - 1) \cdot 3,47^2} = \frac{1}{1 + 6,94 + 2 \cdot 12,04} = \frac{1}{7,94 + 24,08}$$

$$= \frac{1}{32,02} = 0,0312;$$

$$P_{m03.a} = \frac{1}{1 + 3 \cdot 3,47 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot 3,47^2 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot (3 - 2) \cdot 3,47^3}$$

$$= \frac{1}{1 + 10,41 + 6 \cdot 12,04 + 6 \cdot 41,77} = \frac{1}{11,41 + 72,24 + 250,62}$$

$$= \frac{1}{334,27} = 0,0029;$$

$$P_{m04.a} = 1/(1 + 4 \cdot 3,47 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot 3,47^2 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot 3,47^3 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2)(4 - 3) \cdot 3,47^4) = 1/(1 + 13,88 + 12 \cdot 12,04 + 24 \cdot 41,77 + 24 \cdot 144,94) \\ = 1/(1 + 13,88 + 144,48 + 1002,5 + 3478,56) = 1/4640 = 0,00021.$$

Для остальных агрегатов принимаем:

$$P_{m05.a} = 0; P_{m06.a} = 0; P_{m07.a} = 0; P_{m08.a} = 0; P_{m09.a} = 0;$$

$$P_{m010.a} = 0; P_{m011.a} = 0; P_{m012.} = 0.$$

23. Определяем по формуле (16.14) среднее число простаивающих транспортных средств всех видов.

Для перевозки корнеплодов к кагатам

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

$$n_{01к} = 1 - (1 - 0,41) \cdot \left(1 + \frac{1}{1,45}\right) = 1 - 0,59 \cdot (1 + 0,69) = 1 - 0,997 \\ \approx 0,0029;$$

$$n_{02к} = 2 - (1 - 0,123) \cdot \left(1 + \frac{1}{1,45}\right) = 2 - 0,88 \cdot 1,69 = 2 - 1,49 = 0,51.$$

$$n_{03к} = 3 - (1 - 0,0276) \cdot \left(1 + \frac{1}{1,45}\right) = 3 - 0,97 \cdot 1,69 = 3 - 1,64 = 1,36.$$

$$n_{04к} = 4 - (1 - 0,0047) \cdot \left(1 + \frac{1}{1,45}\right) = 4 - 0,99 \cdot 1,69 = 4 - 1,67 = 2,33.$$

$$n_{05к} = 5 - (1 - 0,0006) \cdot \left(1 + \frac{1}{1,45}\right) = 5 - 0,99 \cdot 1,69 = 5 - 1,67 = 3,33.$$

Для перевозки ботвы

$$n_{01.6} = 1 - (1 - 0,223) \cdot \left(1 + \frac{1}{3,48}\right) = 1 - 0,777 \cdot (1 + 0,29) = 1 - 1,0 = 0;$$

$$n_{02.6} = 2 - (1 - 0,031) \cdot 1,29 = 2 - 0,969 \cdot 1,29 = 2 - 1,25 = 0,75;$$

$$n_{03.6} = 3 - (1 - 0,0029) \cdot 1,29 = 3 - 0,997 \cdot 1,29 = 3 - 1,286 = 1,714;$$

$$n_{04.6} = 4 - (1 - 0,0002) \cdot 1,29 = 4 - 0,999 \cdot 1,29 = 4 - 1,288 = 2,712;$$

$$n_{05.6} = 5 - (1 - 0) \cdot 1,29 = 5 - 1,29 = 3,71.$$

Так как, для остальных вариантов $P_{m06} = 0$, то

$$n_{06.6} = 4,71; n_{07.6} = 5,71; n_{08.6} = 6,71; n_{09.6} = 7,71; n_{010.6} = 8,71; n_{011.6} = \\ 9,71; n_{012.6} = 10,71; n_{013.6} = 11,71.$$

Для перевозки корнеплодов на приемный пункт

$$n_{01.a} = 1 - (1 - 0,223) \cdot \left(1 + \frac{1}{3,47}\right) = 1 - 0,777 \cdot (1 + 0,288) = 1 - 1,0 = 0;$$

$$n_{02.a} = 2 - (1 - 0,0312) \cdot 1,29 = 2 - 0,968 \cdot 1,29 = 2 - 1,248 = 0,752;$$

$$n_{03.a} = 3 - (1 - 0,0029) \cdot 1,29 = 3 - 0,997 \cdot 1,29 = 3 - 1,286 = 1,714;$$

$$n_{04.a} = 4 - (1 - 0,00021) \cdot 1,29 = 4 - 0,999 \cdot 1,29 = 4 - 1,288 = 2,712;$$

$$n_{05.a} = 5 - (1 - 0) \cdot 1,29 = 5 - 1,29 = 3,71.$$

Так как, для остальных вариантов $P_{m0б} = 0$, то

$$n_{06.a} = 4,71; \quad n_{07.a} = 5,71; \quad n_{08.a} = 6,71; \quad n_{09.a} = 7,71; \quad n_{010.a} = 8,71;$$

$$n_{011.a} = 9,71; \quad n_{012.a} = 10,71.$$

24. Определяем по формуле (16.12) критерий оптимальности для перевозки корнеплодов к кагатам, с учетом, что $\Pi_m/\Pi_n = 1,922$, (стр. 13)

$$\overline{C_{mn}} = P_{m0} \cdot \frac{\Pi_m}{\Pi_n} + n_0 \rightarrow \min = \overline{C_{mn1к}} = 0,41 \cdot 1,922 + 0,0029 = 0,79;$$

$$\overline{C_{mn2к}} = 0,123 \cdot 1,922 + 0,51 = 0,236 + 0,51 = 0,75;$$

$$\overline{C_{mn3к}} = 0,0276 \cdot 1,922 + 1,36 = 0,053 + 1,36 = 1,41;$$

$$\overline{C_{mn4к}} = 0,0047 \cdot 1,922 + 2,33 = 0,009 + 2,33 = 2,34;$$

$$\overline{C_{mn5к}} = 0,0006 \cdot 1,922 + 3,33 = 0,001 + 3,33 = 3,331.$$

Из полученных результатов видно, что минимум затрат $\overline{C_{mn.min}} = \overline{C_{mn2к}} = 0,75$ имеет место при $n_{opt} = n_2 = 2$, т.е. при двух транспортных агрегатах для перевозки корнеплодов к кагатам.

Определяем по формуле (16.12) критерий оптимальности для перевозки ботвы, с учетом, что $\Pi_m/\Pi_n = 1,171$, (стр. 13)

$$\overline{C_{mn1.б}} = 0,223 \cdot 1,171 + 0 = 0,261;$$

$$\overline{C_{mn2.б}} = 0,031 \cdot 1,171 + 0,75 = 0,036 + 0,75 = 0,786;$$

$$\overline{C_{mn3.б}} = 0,0029 \cdot 1,171 + 1,714 = 0,003 + 1,714 = 1,717;$$

$$\overline{C_{mn4.б}} = 0,0002 \cdot 1,171 + 2,712 = 0,0002 + 2,712 = 2,712;$$

$$\overline{C_{mn5.б}} = 0 \cdot 1,171 + 3,71 = 3,71.$$

$$\overline{C_{mn6.б}} = 0 \cdot 1,171 + 4,71 = 4,71.$$

$$\overline{C_{mn7.6}} = 0 \cdot 1,171 + 5,71 = 5,71.$$

$$\overline{C_{mn8.6}} = 0 \cdot 1,171 + 6,71 = 6,71.$$

$$\overline{C_{mn9.6}} = 0 \cdot 1,171 + 7,71 = 7,71.$$

$$\overline{C_{mn10.6}} = 0 \cdot 1,171 + 8,71 = 8,71.$$

$$\overline{C_{mn11.6}} = 0 \cdot 1,171 + 9,71 = 9,71.$$

$$\overline{C_{mn12.6}} = 0 \cdot 1,171 + 10,71 = 10,71.$$

$$\overline{C_{mn13.6}} = 0 \cdot 1,171 + 11,71 = 11,71.$$

Из полученных результатов видно, что минимум затрат $\overline{C_{mn.min}} = \overline{C_{mn1.6}} = 0,261$ имеет место при $n_{opt} = n_1 = 1$, т.е. при одном транспортном агрегате для перевозки ботвы.

Определяем по формуле (16.12) критерий оптимальности для перевозки корнеплодов от погрузчика на приемный пункт.

Соотношение Π_n/Π_n между оптовыми ценами погрузчика Π_n и транспортного средства Π_n имеет усредненные значения **1,922** и **2,587** для тракторного транспорта и автомобилей-самосвалов. Так как у нас автомобили-самосвалы, то принимаем $\Pi_n/\Pi_n = 2,587$.

$$\overline{C_{mn1.a}} = 0,223 \cdot 2,587 + 0 = 0,577;$$

$$\overline{C_{mn2.a}} = 0,0312 \cdot 2,587 + 0,75 = 0,08 + 0,75 = 0,83;$$

$$\overline{C_{mn3.a}} = 0,0029 \cdot 2,587 + 1,714 = 0,007 + 1,714 = 1,72;$$

$$\overline{C_{mn4.a}} = 0,0002 \cdot 2,587 + 2,712 = 0,0005 + 2,712 = 2,713;$$

$$\overline{C_{mn5.a}} = 0 \cdot 2,587 + 3,71 = 3,71.$$

$$\overline{C_{mn6.a}} = 0 \cdot 2,587 + 4,71 = 4,71.$$

$$\overline{C_{mn7.a}} = 0 \cdot 2,587 + 5,71 = 5,71.$$

$$\overline{C_{mn8.a}} = 0 \cdot 2,587 + 6,71 = 6,71.$$

$$\overline{C_{mn9.a}} = 0 \cdot 2,587 + 7,71 = 7,71.$$

$$\overline{C_{mn10.a}} = 0 \cdot 2,587 + 8,71 = 8,71.$$

$$\overline{C_{mn11.a}} = 0 \cdot 2,587 + 9,71 = 9,71.$$

$$\overline{C_{mn12.a}} = 0 \cdot 2,587 + 10,71 = 10,71.$$

Из полученных результатов видно, что минимум затрат $\overline{C_{mn.min}} = \overline{C_{mn1.a}} = 0,577$ имеет место при $n_{opt} = n_1 = 1$, т.е. при одном транспортном агрегате для перевозки корнеплодов на приемный пункт.

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

$$n_{opt.k} = 2; n_{opt.б} = 1; n_{opt.a} = 1;$$

$$m_k = 2; m_б = 2; m_a = 2; \text{ (п. 16)}$$

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

$$n_0 = m \cdot n_{opt} \cdot \varphi_k = n_{opt.k} = 2 \cdot 2 \cdot 1 = 4;$$

$$n_{opt.б} = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2;$$

$$n_{opt.a} = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2.$$

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

$$m_{ок} = P_{m02k} = 0,123; m_{о.б} = P_{m01.б} = 0,031; m_{о.a} = P_{m01.a} = 0,031; m = 2;$$

$$n_{optk} = 4; n_{optб} = 2; n_{opta} = 2; \text{ (п.25)} \quad n_{о.k} = 2,33; n_{о.б} = 0,75; n_{о.a} = 0,75.$$

$$k_m = m_0/m; k_n = n_0/n$$

$$k_{m.k} = 0,123/2 = 0,062; \quad k_{n.k} = 2,33/4 = 0,58;$$

$$k_{m.б} = 0,031/2 = 0,015; \quad k_{n.б} = 0,75/2 = 0,37;$$

$$k_{m.a} = 0,031/2 = 0,015 \quad k_{n.a} = 0,75/2 = 0,37.$$

27. Определяем по формуле (16.23) плотность потока требований в виде порций ботвы или корнеплодов, учитывая, что

$t_{в.б} = 0,12$ ч – время заполнения кузова ботвой одного транспортного средства, (п.9);

$t_{в.k} = 0,29$ ч – время заполнения кузова корнеплодами одного транспортного средства для перевозки к кагатам, (п.11);

$t_{в.a} = 0,13$ ч – время заполнения кузова корнеплодами одного автомобиля для перевозки на приемный пункт, (п.13).

$$\lambda_{1б} = 1/t_{в.б} = 1/0,12 = 8,33 \quad 1/\text{ч};$$

$$\lambda_{1к} = 1/t_{БК} = 1/0,29 = 3,45 \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{1а} = 1/t_{Ба} = 1/0,13 = 7,69 \text{ 1/ч}.$$

28. Определяем по формуле (16.25) плотность суммарного потока требований на обслуживание от всех m комбайнов звена на транспортное обслуживание каждого вида, $m = 2$, (п.25).

$$\lambda_{б} = m \cdot \lambda_{1б} = m/t_{Бб} = 2 \cdot 8,33 = 16,66 \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{к} = m \cdot \lambda_{1к} = m/t_{БК} = 2 \cdot 3,45 = 6,90 \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{а} = m \cdot \lambda_{1а} = m/t_{Ба} = 2 \cdot 7,69 = 15,38 \text{ 1/ч}.$$

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

$$t_{н.б} = 0,77 \text{ ч (п.9); } t_{н.к} = 0,81 \text{ ч (п.11); } t_{н.а} = 0,81 \text{ ч. (п.13)}$$

$$\mu_{б} = \frac{1}{t_{нб}} = \frac{1}{(2 \cdot \frac{l_{г}}{v_{тех}}) + t_{в} + t_{раз}} = \frac{1}{0,77} = 1,30 \text{ 1/ч};$$

$$\mu_{к} = \frac{1}{t_{нк}} = \frac{1}{(2 \cdot \frac{l_{г}}{v_{тех}}) + t_{в} + t_{раз}} = \frac{1}{0,81} = 1,23 \text{ 1/ч};$$

$$\mu_{а} = \frac{1}{t_{на}} = \frac{1}{(2 \cdot \frac{l_{г}}{v_{тех}}) + t_{в} + t_{раз}} = \frac{1}{0,81} = 1,23 \text{ 1/ч}.$$

С учетом полученных результатов

$$\alpha_{б} = \lambda_{б}/\mu_{б} = 16,66/1,30 = 12,81;$$

$$\alpha_{к} = \lambda_{к}/\mu_{к} = 6,90/1,23 = 5,61;$$

$$\alpha_{а} = \lambda_{а}/\mu_{а} = 15,38/1,23 = 12,5.$$

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

$$n_{opt.к} = 4; \quad n_{opt.б} = 2; \quad n_{opt.а} = 2. \text{ (п.25).} \quad \alpha_{к} = 5,61; \quad \alpha_{б} = 12,81; \quad \alpha_{а} = 12,5.$$

$$\begin{aligned}
P_o &= \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{1!} + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!}} = P_{ок} = \frac{1}{1 + \frac{5,61}{1} + \frac{5,61^2}{1 \cdot 2} + \frac{5,61^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{5,61^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}} \\
&= \frac{1}{1 + \frac{5,61}{1} + \frac{5,61^2}{2} + \frac{5,61^3}{6} + \frac{5,61^4}{24}} \\
&= \frac{1}{1 + 5,61 + 15,73 + 29,42 + 41,27} = \frac{1}{93} = 0,012; \\
P_{об} &= \frac{1}{1 + \frac{12,81}{1} + \frac{12,81^2}{2}} = \frac{1}{1 + 12,81 + 82} = \frac{1}{95,81} = 0,01; \\
P_{oa} &= \frac{1}{1 + \frac{12,5}{1} + \frac{12,5^2}{2}} = \frac{1}{1 + 12,5 + 78,12} = \frac{1}{91,62} = 0,011.
\end{aligned}$$

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

$$P_{отк} = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot P_o = P_{отк.к} = \frac{5,61^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cdot 0,012 = 41,27 \cdot 0,012 = 0,495;$$

$$P_{отк.б} = \frac{12,81^2}{2} \cdot 0,01 = 82 \cdot 0,01 = 0,82;$$

$$P_{отк.а} = \frac{12,5^2}{2} \cdot 0,011 = 78,12 \cdot 0,011 = 0,86.$$

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

$$\Omega_б = \Omega_к = 11 \text{ м}^3 \text{ (стр.9)}; \Omega_б = 11 \text{ м}^3 \text{ (стр.11)}; k_{см} = 1,5;$$

$$Q_{гн} = 4 \text{ т} - \text{фактическая грузоподъемность самосвала, п.13};$$

$$\rho = 0,62 \text{ т/м}^3 - \text{плотность корнеплодов, (стр.11)};$$

$$\Omega_{ка} = 4/0,62 = 6,45 \text{ м}^3; k_{сма} = 2, \text{ п.14}$$

$$t_{мб} = 0,12 \text{ ч} - \text{время заполнения кузова ботвой, п.9};$$

$$t_{мк} = 0,29 \text{ ч, п.11}; t_{ма} = 0,13 \text{ ч, п.13.}$$

$$m_{бзв} = 2; m_{кзв} = 2; m_{азв} = 2.$$

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

$$\Omega_{км.б} = \frac{m \cdot T_{см} \cdot k_{см.м} \cdot \Omega_б \cdot P_{отк.э}}{\gamma_k \cdot t_{мб}} = \frac{2 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 11 \cdot 0,82}{0,98 \cdot 0,12} = \frac{189,42}{0,117} = 1619 \text{ м}^3$$

$$\Omega_{км.к} = \frac{m \cdot T_{см} \cdot k_{см.м} \cdot \Omega_к \cdot P_{отк.э}}{\gamma_k \cdot t_{мк}} = \frac{2 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 11 \cdot 0,495}{0,98 \cdot 0,29} = \frac{114,45}{0,284} = 403 \text{ м}^3$$

$$\Omega_{\text{км.а}} = \frac{m \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см.т}} \cdot \Omega_{\text{а}} \cdot P_{\text{отк.э}}}{\gamma_{\text{к}} \cdot t_{\text{та}}} = \frac{2 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 6,45 \cdot 0,86}{0,98 \cdot 0,13} = \frac{155,31}{0,127} = 1223 \text{ м}^3$$

33. Определяем число резервных прицепов для ботвы и корнеплодов

$$n_{\text{рпб}} = \frac{\Omega_{\text{км.б}}}{\Omega_{\text{б}}} = \frac{1619}{11} = 147.$$

$$n_{\text{рпк}} = \frac{\Omega_{\text{км.к}}}{\Omega_{\text{к}}} = \frac{403}{11} = 36.$$

34. Определяем по формуле (17.9) необходимую площадь технологического компенсатора для корнеплодов в кагатах $F_{\text{км}}$, с учетом допустимой толщины $h_{\text{км}}$ слоя початков.

Принимаем $h_{\text{км}} = 0,8$ м (стр.15).

$$F_{\text{км}} = \Omega_{\text{км.а}} / h_{\text{км}} = 1223 / 0,8 = 1528 \text{ м}^2.$$

ОТЧЕТ

Результаты расчетов и выводы представить в виде таблицы 19.4.

Таблица 19.4

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Агрегат для уборки ботвы	Т-70С+БМ-6А
2	Агрегат для перевозки ботвы	МТЗ-82+2ПТС-4-887
3	Корнеуборочная машина	КС-6Б
4	Агрегат для перевозки корнеплодов к кагатам	МТЗ-82+2ПТС-4-887
5	Свеклопогрузчик	МТЗ-82+СНТ-2,1Б
6	Автомобиль для перевозки корнеплодов на приемный пункт	ГАЗ-САЗ
7	Производительность агрегата для уборки ботвы, $W_{\text{мб}}$	0,8га/ч
8	Нормативное число агрегатов, $m_{\text{нб}\Sigma}$	1,41
9	Целое число агрегатов для своей площади, $m_{\text{б}\Sigma}$	2
10	Производительность агрегата для уборки к орнеплодов, $W_{\text{нк}}$	0,8га/ч
11	Нормативное число агрегатов, $m_{\text{нк}\Sigma}$	1,41
12	Целое число агрегатов для своей площади, $m_{\text{к}\Sigma}$	2
13	Производительность транспортного агрегата, $W_{\text{нб}}$	1,79т/ч

Продолжение таблицы 19.4

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
14	Нормативное число транспортных средств, $n_{НСБ}$	9,08
15	Общее число транспортных средств, $n_{ΣБ}$	13
16	Производительность транспортного агрегата, $W_{п.к}$	8,42т/ч
17	Нормативное число транспортных средств, $n_{НКΣ}$	3,88
18	Общее число транспортных средств, $n_{кΣ}$	6
19	Производительность транспортного агрегата, $W_{п.ка}$	4,94 т/ч
20	Нормативное число транспортных средств, $n_{НкаΣ}$	4,91
21	Общее число транспортных средств, $n_{каΣ}$	6
22	Производительность свеклопогрузчика СНТ-2,1Б	4,94т/ч
23	Нормативное число СНТ-2,1Б, $n_{НпΣ}$	0,81
24	Общее число СНТ-2,1Б, $n_{пΣ}$	1
25	Число комбайнов в уборочно-транспортном звене, $m_{кзв.}$	2
26	Число БМ-6А в уборочно-транспортном звене, $m_{бзв.}$	2
27	Число СНТ-2,1Б в уборочно-транспортном звене, $m_{пзв.}$	2
28	Число транспортных средств в звене, $n_{к.зв}$	5
29	Число транспортных средств в звене, $n_{б.зв}$	13
30	Число транспортных средств в звене, $n_{а.зв}$	12
31	Средняя продолжительность обслуживания БМ-6А одного транспортного средства, $t_{м.б}$	0,186 ч
32	Средняя продолжительность обслуживания КС-6Б одного транспортного средства, $t_{м.к}$	0,356 ч
33	Средняя продолжительность обслуживания СНТ-2,1Б одного транспортного средства, $t_{м.а}$	0,196 ч
34	Средняя продолжительность рейса транспортного средства, $t_{нв.б.}$	0,65ч
35	Средняя продолжительность рейса транспортного средства, $t_{нв.к}$	0,52 ч
36	Средняя продолжительность рейса транспортного средства, $t_{нв.а}$	0,68 ч
37	Интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном, $\mu_б$	1,54 1/ч
38	Интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном, $\mu_к$	1,92 1/ч
39	Интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном, $\mu_а$	1,47 1/ч

Продолжение таблицы 19.4

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
40	Интенсивность прибытия каждого транспортного средства за ботвой к комбайну, $\lambda_б$	5,37 1/ч
41	Интенсивность прибытия каждого транспортного средства за корнеплодами к комбайну, $\lambda_к$	2,8 1/ч
42	Интенсивность прибытия каждого транспортного средства за корнеплодами к свеклопогрузчику, $\lambda_а$	5,1 1/ч
43	Отношение $\alpha_б = \lambda_б/\mu_б$	3,48
44	Отношение $\alpha_к = \lambda_к/\mu_к$	1,45
45	Отношение $\alpha_а = \lambda_а/\mu_а$	3,47
46	Вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства для корнеплодов, $P_{m0к}$	$P_{m01к} = 0,41$ $P_{m02к} = 0,123$ $P_{m02к} = 0,0276$ $P_{m02к} = 0,0047$ $P_{m05к} = 0,0006$
47	Вероятность простоя ботвоуборочной машины из-за отсутствия транспортного средства для ботвы, $P_{m0б}$	$P_{m01б} = 0,223$; $P_{m02б} = 0,031$; $P_{m03б} = 0,0029$ $P_{m04б} = 0,0002$; $P_{m05б} = 0$; $P_{m06б} = 0$; $P_{m07б} = 0$; $P_{m08б} = 0$; $P_{m09б} = 0$; $P_{m010б} = 0$; $P_{m011б} = 0$; $P_{m012б} = 0$; $P_{m013б} = 0$.
48	Вероятность простоя свеклопогрузчика из-за отсутствия транспортного средства для корнеплодов, $P_{m0а}$	$P_{m01а} = 0,223$ $P_{m02а} = 0,0312$ $P_{m03а} = 0,0029$ $P_{m04а} = 0,00021$ $P_{m05а} = 0$; $P_{m06а} = 0$; $P_{m07а} = 0$; $P_{m08а} = 0$; $P_{m09а} = 0$; $P_{m010а} = 0$; $a = 0$; $P_{m012а} = 0$.
49	Среднее число простаивающих транспортных средств для перевозки корнеплодов к кагатам, $n_{0к}$	$n_{01к} = 0,0029$; $n_{02к} = 0,51$; $n_{03к} = 1,36$; $n_{04к} = 2,33$; $n_{05к} = 3,33$.
50	Среднее число простаивающих транспортных средств для перевозки ботвы, $n_{0б}$	$n_{01б} = 0$; $n_{02б} = 0,75$; $n_{03б} = 1,714$; $n_{04б} = 2,712$; $n_{05б} = 3,71$; $n_{06б} = 4,71$; $n_{07б} = 5,71$; $n_{08б} = 6,71$; $n_{09б} = 7,71$; $n_{010б} = 8,71$; $n_{011б} = 9,71$; $n_{012б} = 10,71$; $n_{013б} = 11,71$.

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
51	Среднее число простаивающих транспортных средств для перевозки корнеплодов от свеклопогрузчика, n_{0a}	$n_{01a} = 0$; $n_{02a} = 0,75$ $n_{03a} = 1,714$ $n_{04a} = 2,712$ $n_{05a} = 3,71$ $n_{06a} = 4,71$ $n_{07a} = 5,71$ $n_{08a} = 6,71$ $n_{09a} = 7,71$ $n_{010a} = 8,71$ $n_{011a} = 9,71$ $n_{012a} = 10,71$
52	Критерий оптимальности, $\overline{C_{mnk}}$	$\overline{C_{mn1k}} = 0,79$ $\overline{C_{mn2k}} = 0,75$ $\overline{C_{mn3k}} = 1,41$ $\overline{C_{mn4k}} = 2,34$ $\overline{C_{mn5k}} = 3,31$
53	Критерий оптимальности, $\overline{C_{mnб}}$	$\overline{C_{mn1б}} = 0,261$ $\overline{C_{mn2б}} = 0,786$ $\overline{C_{mn3б}} = 1,717$ $\overline{C_{mn4б}} = 2,712$ $\overline{C_{mn5б}} = 3,71$ $\overline{C_{mn6б}} = 4,71$ $\overline{C_{mn7б}} = 5,71$ $\overline{C_{mn8б}} = 6,71$ $\overline{C_{mn9б}} = 7,71$ $\overline{C_{mn10б}} = 8,71$ $\overline{C_{mn11б}} = 9,71$ $\overline{C_{mn12б}} = 10,71$ $\overline{C_{mn13б}} = 11,71$

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
54	Критерий оптимальности, $\overline{C_{mna}}$	$\overline{C_{mn1a}} = 0,517$ $\overline{C_{mn2a}} = 0,83$ $\overline{C_{mn3a}} = 1,72$ $\overline{C_{mn4a}} = 2,713$ $\overline{C_{mn5a}} = 3,71$ $\overline{C_{mn6a}} = 4,71$ $\overline{C_{mn7a}} = 5,71$ $\overline{C_{mn8a}} = 6,71$ $\overline{C_{mn9a}} = 7,71$ $\overline{C_{mn10a}} = 8,71$ $\overline{C_{mn11a}} = 9,71$ $\overline{C_{mn12a}} = 10,71$
55	Оптимальное число транспортных средств для всего уборочно-транспортного звена, n_{opt}	$n_{opt.k} = 4$ $n_{opt.б} = 2$ $n_{opt.a} = 2$
56	Коэффициент простоя комбайна, k_m	$k_{m.k} = 0,062$ $k_{m.б} = 0,015$ $k_{m.a} = 0,015$
57	Коэффициент простоя транспортных средств, k_n	$k_{n.k} = 0,58$ $k_{n.б} = 0,37$ $k_{n.a} = 0,37$
58	Плотность потока требований в виде порций ботвы и корнеплодов, λ_1	$\lambda_{1.б} = 8,33 \text{ 1/ч}$ $\lambda_{1.k} = 3,45 \text{ 1/ч}$ $\lambda_{1.a} = 7,69 \text{ 1/ч}$
59	Плотность суммарного потока требований на обслуживание от всех m комбайнов звена, λ	$\lambda_б = 16,66 \text{ 1/ч}$ $\lambda_k = 6,9 \text{ 1/ч}$ $\lambda_a = 15,38 \text{ 1/ч}$
60	Интенсивность этих требований каждым транспортным средством, μ	$\mu_б = 1,3 \text{ 1/ч}$ $\mu_k = 1,23 \text{ 1/ч}$ $\mu_a = 1,23 \text{ 1/ч}$
61	Отношение $\alpha = \lambda/\mu$	$\alpha_б = 12,81$ $\alpha_k = 5,61$ $\alpha_a = 12,5$
62	Вероятность одновременного простоя всех транспортных средств из-за отсутствия заполнения прицепов, P_0	$P_{0k} = 0,012$ $P_{0б} = 0,01$ $P_{0a} = 0,011$
63	Вероятность отказа в обслуживании, $P_{отк}$	$P_{отк.k} = 0,495$ $P_{отк.б} = 0,82$ $P_{отк.a} = 0,86$

Продолжение таблицы 19.4

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
64	Требуемая вместимость межсменного компенсатора, $\Omega_{\text{км}}$	$\Omega_{\text{кмб}} = 1619\text{м}^3$ $\Omega_{\text{кмк}} = 403\text{м}^3$ $\Omega_{\text{кма}} = 1223\text{м}^3$
65	Число резервных прицепов для ботвы и корнеплодов, $n_{\text{рп}}$	$n_{\text{рпб}} = 147$ $n_{\text{рпк}} = 36$
66	Потребная площадь технологического компенсатора, $F_{\text{км}}$	1528м ²

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.: ил.
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 САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Методические указания для выполнения практической работы № 19

по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»

студентам инженерно-технологического института

по направлению подготовки

35.03.06 «Агроинженерия».

Редактор Аддылина Е.С.

Подписано к печати 18.04.2023 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,32. Тираж 25 экз. Изд. №7513

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