

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ,
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Самусенко В. И.

ОПТИМИЗАЦИЯ УБОРКИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО И НА СИЛОС

Методические указания
для выполнения практической работы № 17
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»
студентам инженерно-технологического института
по направлению подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»

Брянск 2022

УДК 631.355 (076)

ББК 40.728

С 17

Самусенко, В. И. Оптимизация уборки кукурузы на зерно и на силос: методические указания для выполнения практической работы № 17 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, 2022. - 43 с.

Методические указания предназначены для освоения современных методов оптимального проектирования основных производственных процессов по уборке кукурузы, как на зерно, так и на силос. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензент: к.т.н., доцент Кузюр В.М.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института, протокол № 4 от 19 января 2022 года.

© Брянский ГАУ, 2022

© Самусенко В.И., 2022

Содержание

ЦЕЛЬ РАБОТЫ	3
СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	5
УБОРКА КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО	6
ОСОБЕННОСТИ УБОРКИ КУКУРУЗЫ НА СИЛОС	22
ПРИМЕР РАСЧЕТА	26
ОТЧЕТ	39
ЛИТЕРАТУРА	42

Цель задания – освоить современные методы оптимального проектирования основных производственных процессов по уборке кукурузы, как на зерно, так и на силос.

Содержание задания

1. Выписать из таблицы 17.1 исходные данные по соответствующему варианту задания.

Таблица 17.1

Варианты заданий

№ варианта	Длина гона, м	Площадь поля, га	Урожайность, т/га (початки)	Влажность зерна, %	Расстояние перевозки, км		Вид уборки
					початки	стебли	
1	200	20	3	25	7	4	На зерно
2	300	25	4	27	8	5	Початки
3	400	30	5	23	9	6	На зерно
4	500	30	6	24	8	7	Початки
5	600	40	7	25	7	5	На зерно
6	700	50	8	26	6	8	Початки
7	800	80	7	27	7	7	На зерно
8	1000	100	6	30	8	9	Початки
9	900	90	8	28	9	8	На зерно
10	800	120	6	27	10	7	Початки
1	250	30	2	30	6	10	На зерно
2	300	55	3	31	7	9	Початки
3	350	60	4	32	8	8	На зерно
4	400	65	5	33	9	7	Початки
5	450	70	6	34	10	6	На зерно

Продолжение таблицы 17.1

6	500	75	7	35	9	5	Початки
7	550	80	8	29	8	4	На зерно
8	600	85	7	28	7	5	Початки
9	650	90	6	27	6	6	На зерно
10	700	95	5	26	5	7	Початки
1	800	110	6	25	6	6	На зерно
2	850	115	7	27	8	5	Початки
3	900	120	5	22	9	6	На зерно
4	950	125	6	24	8	7	Початки
5	1100	90	7	25	7	5	На зерно
6	700	70	8	26	6	8	Початки
7	800	80	7	27	7	7	На зерно
8	1000	130	6	30	8	9	Початки
9	900	90	8	28	9	8	На зерно
30	280	80	2	27	3	5	Початки

Примечание. Отдельные исходные данные могут быть изменены преподавателем дисциплины с учетом местных природно-производственных условий.

2. Выбрать эффективные технологии уборки кукурузы на зерно и на силос.
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 кукурузо- и силосоуборочных комбайнов.

Методические указания

Кукуруза является одной из важнейших зерновых культур продовольственного и технического назначения. Зерно кукурузы содержит 60-80% крахмала, 10-14% белков, 6-8% жиров, а в зародыше – до 40%. В процессе переработки из зерна кукурузы получают муку, крупу, хлопья, консервы, крахмал, спирт, патоку, уксусную кислоту, ацетон, глицерин, красители и множество других полезных продуктов. Широко используют кукурузу и на корм животным, включая зерно и листостебельную массу.

Однако кукуруза является теплолюбивой культурой, поэтому возделывают ее на зерно в южных регионах страны, включая Центрально-Черноземный и Северо-Кавказский районы. На силос и зеленый корм кукурузу возделывают почти повсеместно, за исключением северных районов страны.

С учетом широкого распространения кукурузы и высокой ресурсоемкости уборочных работ актуальное значение имеет разработка современных методов оптимального проектирования соответствующих производственных процессов с позиций ресурсосбережения и высокой производительности.

Уборка кукурузы на зерно

Уборку кукурузы на зерно в нашей стране проводят по двум технологиям:

- **в початках** – специальными кукурузоуборочными комбайнами;
- **в зерне** – переоборудованными зерноуборочными комбайнами.

По первой технологии в процессе движения рабочие органы комбайна отрывают початки кукурузы от стеблей, очищают их и подают в кузов сменяемого тракторного прицепа, присоединяемого к комбайну сзади. Стебли кукурузы срезаются режущим аппаратом комбайна, измельчаются измельчающим барабаном и подаются в кузов идущего рядом с комбайном транспортного средства. Початки доставляют на ток тракторным транспортом, дорабатывают, включая доочистку и сортирование, сушат при необходимости до влажности **16-18%** и закладывают на хранение или отправляют по назначению.

Измельченную листостебельную массу доставляют к местам силосования или скармливания животным. В некоторых странах, включая США, собирают только початки кукурузы, а измельченные стебли разбрасывают по полю в качестве органического удобрения.

При уборке кукурузы в зерне переоборудованными зерноуборочными комбайнами початки отрываются от стеблей специальной приставкой, подаются в молотильный аппарат, обмолачиваются и очищенное зерно подается в бункер комбайна с последующей выгрузкой в кузов транспортного средства по аналогии с уборкой зерновых колосовых культур. Доставленное на ток зерно в зависимости от его состояния подвергают послеуборочной обработке, включая очистку и сушку. Стебли по аналогии с предыдущей технологией срезаются на ходу, измельчаются с последующей выгрузкой в кузов идущего рядом транспортного средства и доставляются по назначению к месту силосования или скармливания животным.

С позиций ресурсосбережения выгоднее применять уборку в зерне, так как в **1,8-2** раза уменьшаются затраты труда и денежных средств и на **20-25%** снижается расход топлива для сушки зерна. Однако использование зерноуборочных комбайнов с соответствующими приставками для уборки кукурузы в зерне возможно только при влажности зерна **30-35%** (не более). При большей влажности уборку рекомендуют проводить в початках. При выборе технологии уборки кукурузы, кроме влажности зерна, следует учитывать также местные природно-производственные условия, последующее хозяйственное использование урожая (на семена, корм животным, техническую переработку и др.). При отсутствии конкретных местных рекомендаций вид уборки следует выбрать из таблицы 17.1.

Основные агротехнические требования при уборке кукурузы на зерно:

- оптимальные сроки уборки для одного гибрида **5-7** дней;
- оптимальная влажность зерна при уборке в початках **35-45%**, а при уборке в зерне **25-35%**;
- полнота сбора зерна не менее **97%** и полнота сбора зерна не менее **97** и **98%** соответственно при уборке в початках и в зерне;

- полнота сбора листостебельной массы не менее **95%**;
- степень очистки початков не менее **95%**;
- повреждение зерна в початках не более **1%**;
- степень очистки зерна от примесей не менее **97%**;
- содержание поврежденного зерна **до 2%**.

При уборке кукурузы по обеим технологиям используют следующие основные типы агрегатов: специальные кукурузоуборочные комбайны, прицепные и самоходные; зерноуборочные комбайны с приставками; транспортные средства для перевозки зерна, початков и листостебельной массы; агрегаты для послеуборочной обработки початков. Для обработки зерна используют агрегаты, рассмотренные в задании 16. Эффективные варианты указанных агрегатов с позиций ресурсосбережения и высокой производительности выбирают рассмотренными ранее методами по их пропускной способности с учетом длины гона, урожайности и других условий работы.

Основные параметры используемых на уборке кукурузы комбайнов, включая специальные **ККП-3** (прицепной) и **КСКУ-6** (самоходный), а также зерноуборочные с приставками, приведены в таблице 17.2.

Таблица 17.2

Основные параметры комбайнов, используемых на уборке кукурузы

Комбайн и приставка	Пропускная способность, кг/с	Число рядков	Ширина захвата, м	Объем бункера, м ³	Мощность двигателя, кВт
ККП-3 прицепной	До 6	3	2,1	—	Класс 2-3
КСКУ-6	До 4	6	4,2	—	147
СК-5М + ППК-4	До 4	4	2,8	3	107
«Дон-1500» + КДМ-6	До 6	6	4,2	6	162
СК-10В + КМР-6	До 8	6	4,2	6	184
John Deere + Kemper206	До 8	6	4,5	6,800	185

Специальных кукурузоуборочных комбайнов всего два типоразмера, включая трехрядный прицепной **ККП-3**, агрегируемый с тракторами класса **2** или **3** (чаще с трактором Т-150К), и самоходный **КСКУ-6**. Рабочие органы указанных комбайнов унифицированы. Их применяют практически во всех зонах возделывания кукурузы на зерно.

Комбайн **КСКУ-6**, оборудованный молотилкой, может убирать кукурузу и в зерне, однако чаще его используют для уборки в початках. С точки зрения ресурсосбережения более эффективен прицепной комбайн **ККП-3**, так как он дешевле и после уборки кукурузы освободившийся трактор можно использовать на других работах. Кроме того, и производительность у него высокая.

Эффективные зерноуборочные комбайны с приставками можно выбрать по аналогии с заданием 16 на основании данных таблиц 16.2 и 17.2 с учетом ограниченного числа типоразмеров комбайнов с приставками. При урожайности кукурузы в зерне до **4 т/га** (примерно **5 т/га** в початках) и длине гона до **600 м** более эффективным с позиций ресурсосбережения является комбайн **СК-5М + ППК-4**. Большим значениям урожайности кукурузы в зерне и длины гона соответствуют «**Дон-1500**» + **КМД-6** и **СК-10В + КМР-6**. Более точный выбор эффективных кукурузоуборочных комбайнов можно сделать на основе самостоятельных исследований. При отсутствии в хозяйстве комбайнов «**Дон-1500**» и **СК-10В** с приставками уборку кукурузы в зерне во всех случаях проводят с использованием **СК-5М + ППК-4** или **КСКУ-6**, оборудованного молотилкой. Практическая настройка кукурузоуборочных комбайнов на соответствующий режим осуществляется в соответствии с операционной технологией выполнения рассматриваемой работы. Необходимые рекомендации следует составить на основе специальной литературы.

При использовании комбайнов **ККП-3** и **КСКУ-6** для сбора и перевозки початков чаще применяют сменяемый тракторный прицеп **2ПТС-4-887А** с номинальной грузоподъемностью $Q_{гн} = 4$ т. Фактическая грузоподъемность прицепа зависит от влажности зерна убираемой кукурузы и наличия надставных бортов. Нормальной вместимости кузова прицепа (без надставных бортов) $Q_{ку} = 5$ м³

и влажности зерна кукурузы **40, 35, 30** и **25%** соответствуют фактические значения грузоподъемности прицепа в початках: **4,0, 3,2, 2,6, 2,0** т. Тем же значениям влажности зерна при наличии надставных бортов и $\Omega_{кв} = 6 \text{ м}^3$ соответствуют грузоподъемности: **4,6, 4,0, 3,3, 2,6** т. Фактическое значение грузоподъемности прицепа следует выбрать в зависимости от заданной в таблице 17.1 влажности зерна. Для буксирования указанного прицепа с початками чаще используют тракторы типа **МТЗ-80/82**. При этом кукуруза в початках относится к грузам второго класса плотностью $\rho_{п} = 0,55 \text{ т/м}^3$ и коэффициентом использования грузоподъемности $k_{г} = 0,85$. Для перевозки зерна от зерноуборочных комбайнов с приставками используют как тракторы с прицепами, так и грузовые автомобили, необходимые для расчетов данные по которым приведены ранее в таблице 16.4. Из указанных транспортных средств чаще всего используют **МТЗ-80/82 + 2ПТС-4- 887А** и автомобили (за исключением КамАЗов). При использовании бортовых автомобилей необходимы средства для ускоренной разгрузки типа опрокидывателей. Зерно кукурузы считают грузом первого класса с плотностью $\rho = 0,70-0,75 \text{ т/м}^3$ и коэффициентом использования грузоподъемности $k_{г} = 1$.

Оптимальные сочетания грузоподъемности транспортного средства $Q_{г}$ и расстояния перевозки зерна $l_{з}$, указанные в задании 16, применимы и в данном случае. На основании этих данных и таблицы 16.4 можно выбрать эффективное ресурсосберегающее транспортное средство для перевозки зерна кукурузы от комбайна. Для перевозки листостебельной массы от комбайнов всех типов также используют тракторный транспорт и автомобили-самосвалы с наращенными бортами (табл. 17.3).

Таблица 17.3

Основные параметры транспортных средств для перевозки листостебельной массы от кукурузоуборочных комбайнов

Транспортное средство	Объем кузова, м^3	Фактическая грузоподъемность, т, при влажности массы	
		65-70%	30-40%
МТЗ-80/82 + 2ПТС-4-887А	9,8	3,0	1,2

Продолжение таблицы 17.3

ГАЗ-САЗ-53Б	13,4	3,3	1,3
ЗИЛ-ММЗ-554М	12,7	3,2	1,3

На основании данных таблицы 17.3 можно выбрать и другие транспортные средства. При этом влажность листостебельной массы **65-75** и **30-40%** примерно соответствует влажности зерна более **35%** и менее **35%**. Тракторный транспорт предпочтительнее использовать при расстояниях перевозки листостебельной массы $l_r \leq 5$ км, а автомобили – при больших расстояниях. Измельченная листостебельная масса относится к грузам третьего класса с плотностью $\rho_{л.м} = 0,25$ т/м³ и коэффициентом использования грузоподъемности $k_r = 0,6$. При силосовании листостебельной массы для ее уплотнения в силосохранилищах чаще всего используют гусеничные тракторы **ДТ-75М** или **Т-150**, примерно по одному трактору на каждое силосохранилище.

Наиболее эффективным для послеуборочной обработки початков кукурузы является стационарный механизированный пункт **ПМУ-15**, обеспечивающий доочистку початков, их сортирование, подсушивание при влажности зерна **38-40%** и обмолот. Влажность зерна кукурузы при хранении в початках должна быть не более **16%**, а при хранении в зерне – не более **13%**. Чистая производительность пункта **ПМУ-15** составляет **15** и **12** т/ч соответственно на очистке и обмолоте початков. Для доочистки початков после уборки комбайном используют также передвижной очиститель початков **ОП-15П**, навешиваемый на трактор **МТЗ-80**, или стационарный очиститель початков **ОП-15С** с приводом от электродвигателя с мощностью **13 кВт**.

В условиях хозяйства более эффективен **ОП-15П** благодаря его маневренности при чистой производительности **10-15** т/ч. Стационарный агрегат **ПМУ-15** целесообразно применять при уборке кукурузы с влажностью зерна более **32%**, а агрегат типа **ОП-15** – при меньшей влажности. В пределах данного задания рассматривается выбор одного из агрегатов **ПМУ-15** или **ОП-15П**.

Зерно кукурузы от зерноуборочных комбайнов, а так-же после обмолота

початков на пункте **ПМУ-15** подвергается в зависимости от его состояния обработке на зерноочистительных агрегатах **ЗАВ-25** и **ЗАВ-50** или на зерноочистительно-сушильных комплексах **КЗС-25** и **КЗС-50**, обеспечивающих сушку зерна до влажности **13-14%**. Методы определения требуемого числа агрегатов типа ЗАВ и КЗС рассмотрены в задании 16.

Практические рекомендации по комплектованию и настройке на требуемый режим работы выбранных уборочных и других типов агрегатов следует изложить в соответствии с имеющимися литературными источниками.

Нормативное (в расчете на 100 га) $m_{н\Sigma}$ и общее m_{Σ} потребное число кукурузоуборочных комбайнов следует рассчитать по формулам (12.1) и (12.8) по аналогии с предыдущими заданиями. Оптимальная продолжительность уборки кукурузы $D_k = 5-7$ дней. Однако с учетом зональных природно-производственных особенностей рекомендуют в расчетах принять $D_k = 12$ дней при коэффициенте использования календарного времени $\alpha_k = 0,87$. Следует также принять $T_{см} = 7$ ч, $k_{см.м} = 1,5$, $\gamma_{гм} = 0,9$.

Часовую производительность кукурузоуборочных агрегатов всех типов (га/ч) удобнее рассчитать по упрощенной формуле:

$$W_m = 0,36 \cdot B \cdot v \cdot \tau \quad (17.1)$$

с учетом ширины захвата B из таблицы 17.2, рабочей скорости v и коэффициента использования времени смены τ . Рекомендуемые значения v приведены в таблице 17.4 в зависимости от урожайности кукурузы в початках U_n (т/га). Переход к урожайности в зерне U выполняют с учетом соотношения $U = 0,78U_n$.

Таблица 17.4

Рекомендуемые рабочие скорости кукурузоуборочных комбайнов

Комбайн	Скорость движения комбайна, м/с, при урожайности кукурузы в початках, т/га						
	2,5	5	7,5	10	12,5	15	20
Т-150К + ККП-3	2,6	2,4	2,0	1,5	1,3	1,1	1,0

Продолжение таблицы 17.4

КСКУ-6	2,5	1,8	1,5	1,2	1,1	1,0	0,8
СК-5М + ППК-4	2,7	2,2	1,7	1,5	1,2	1,1	1,0
«Дон-1500» + КДМ-6	2,6	2,2	1,7	1,5	1,2	1,1	1,04
СК-10В + КМР-6	2,7	2,3	1,8	1,6	1,3	1,2	1,1

Убывание рабочих скоростей комбайнов с ростом урожайности связано с их ограниченной пропускной способностью. Коэффициент использования времени смены τ в формуле (17.1) по аналогии с зерноуборочными комбайнами также зависит от пропускной способности $\epsilon_{\text{п}}$, урожайности $U_{\text{п}}$ и длины гона L . На основе нормативных данных установлено, что при уборке кукурузы влияние урожайности $U_{\text{п}}$ на τ в пределах каждого класса длины гона незначительно и можно ограничиться определением τ при постоянном среднем значении $U_{\text{п}}$. Погрешность определения τ при этом не превышает 3-5%. Полученные на основе такого подхода значения τ для всех рассматриваемых кукурузоуборочных комбайнов приведены в таблице 17.5 для всех классов длины гона.

Таблица 17.5

**Значения коэффициента использования времени смены агрегатов
и кукурузоуборочных комбайнов в зависимости от длины гона**

Агрегат комбайн	Значения τ при длине гона, м					
	150– ...200	200– ...300	300– ...400	400–...600	600–...1000	Более 1000
Т-150К + ККП-3	0,429	0,500	0,539	0,562	0,580	0,593
КСКУ-6	0,389	0,467	0,493	0,511	0,528	0,537
СК-5М + ППК-4	0,433	0,519	0,548	0,568	0,587	0,597
«Дон-1500» + КДМ-6	0,392	0,469	0,496	0,514	0,531	0,540
СК-10В + КМР-6	0,370	0,442	0,468	0,485	0,501	0,510

После определения производительности выбранного комбайна W_m по формуле (17.1) с учетом значения τ из таблицы 17.5 можно рассчитать на основании выражений (12.1) и (12.8) нормативное $m_{н\Sigma}$ и общее m_Σ требуемое число комбайнов. Нормативное $n_{н\Sigma}$ и общее n_Σ число транспортных средств каждого вида, включая перевозку початков, зерна и листостебельной массы, вычислим по формулам (16.4), подразумевая под U урожайность перевозимой фракции (т/га). При перевозке початков от комбайнов **ККП-3** и **КСКУ-6** в формулы (16.4) подставляем урожайность из таблицы 17.1 $U_{п}$ в початках. При перевозке зерна кукурузы от зерноуборочных комбайнов следует подставить урожайность зерна $U = 0,78U_{п}$. При перевозке листостебельной массы подставляем урожайность этой фракции $U_{л.м.}$, связанную с урожайностью початков $U_{п}$ и зерна кукурузы U соотношениями:

$$U_{л.м.} = 1,70 \cdot U = 1,326 \cdot U_{п}. \quad (17.2)$$

Для коэффициентов сменности следует принять средние значения $k_{см}$ - $k_{см \cdot м}$.

Производительность соответствующего транспортного средства можно рассчитать по формуле (16.5) с учетом следующих особенностей. При перевозке початков от комбайнов **ККП-3** и **КСКУ-6** на тракторном прицепе, выбранном ранее, под $Q_{гн}$, k_r следует подразумевать ранее приведенные фактические значения грузоподъемности прицепа в зависимости от заданной влажности зерна кукурузы. При использовании других транспортных средств следует учитывать, что кукуруза в початках является грузом второго класса с плотностью $\rho_{п} = 0,550$ т/м³ и $k_r = 0,85$. Перевозке зерна кукурузы соответствуют значения плотности $\rho = 0,70-0,75$ т/м³ и $k_r = 1$. Значения $Q_{гн}$, k_r для перевозки листостебельной массы указаны в таблице 17.3. Скорость движения рекомендуется принять $v_{тех} = 28-32$ км/ч для автомобилей и $v_{тех} = 19$ км/ч для тракторов с прицепами.

Время заполнения кузова листостебельной массой определяется по формуле

$$t_{\text{в}} = t_{\text{зап}} = \frac{Q_{\text{ГН}} \cdot k_{\text{Г}}}{0,36 \cdot B \cdot u_{\text{Л.М}} \cdot V} + \left(\frac{10^4 \cdot Q_{\text{ГН}} \cdot k_{\text{Г}}}{L \cdot B \cdot u_{\text{Л.М}}} \right) \cdot t_{\text{П}}. \quad (17.3)$$

где V_{T} – емкость кузова транспортного агрегата, м^3 ; $K_{\text{з}}$ – коэффициент заполнения емкости (**0,9**); γ – объемный вес измельченной массы травы, $\text{кг}/\text{м}^3$, при влажности 50% – 180-200, 40% – 120-160, силосной массы – 470-680; ν , $B_{\text{р}}$, U – скорость, $\text{м}/\text{с}$, ширина захвата, м , и урожайность, $\text{кг}/\text{м}^2$.

Под $t_{\text{в}}$ при перевозке початков следует подразумевать по нормативным данным общее время замены заполненного прицепа на порожний: $t_{\text{в}} = \mathbf{0,066}$ ч. Такое же значение $t_{\text{в}}$ следует принять для выгрузки зерна кукурузы из бункера комбайна. Нормативная продолжительность одного поворота t_{n} агрегата Т-150К + ККП-3 составляет **0,018** ч. Для других агрегатов и комбайнов можно принять $t_{\text{n}} = \mathbf{0,0147}$ ч. Значения остальных слагаемых в формуле (17.3) приведены ранее, включая таблицы 17.2-17.4 и соотношение (17.2), а также фактическую грузоподъемность $Q_{\text{Г}} = Q_{\text{м}}$ транспортного средства из таблицы 17.3. Продолжительность разгрузки транспортного средства (при отсутствии более точных данных) приближенно можно принять одинаковой для всех транспортных средств: $t_{\text{раз}} = \mathbf{0,12}$ ч.

Нормативное $n_{\text{н}\Sigma}$ и общее n_{Σ} число агрегатов для послеуборочной обработки початков кукурузы ПМУ-15 или ОП-15П можно рассчитать по формулам (16.6) при $\epsilon_{\text{а}} = 1$. Значения $u_{\text{а}}$ и $W_{\text{а}}$, при этом соответствуют урожайности и производительности в початках, причем

$$W_{\text{а}} = P_{\text{а}} \cdot \tau_{\text{а}}. \quad (17.4)$$

Ранее получены значения чистой производительности для ПМУ-15 $P_{\text{а}} = 15$ т/ч и $P_{\text{а}} = 12$ т/ч соответственно на очистке и обмолоте початков, а для ОП-15П – $P_{\text{а}} = 15$ т/ч (на очистке початков). Для коэффициента использования времени смены приближенно можно принять среднее значение $\tau = \mathbf{0,9}$. Прини-

маем также $k_{см·m} = 1,5$ для кукурузоуборочных комбайнов и $k_{см·a} = 2$ для ПМУ-15 и ОП-15П. С учетом перечисленных данных определяем нормативную $n_{нΣ}$ и общую $n_{Σ}$ потребности в агрегатах для послеуборочной обработки початков кукурузы.

Оптимальные составы уборочно-транспортных звеньев также можно определить по аналогии с ранее выполненными заданиями. При этом в состав звена следует включать в оптимальных пропорциях уборочные и транспортные средства, а также агрегаты для послеуборочной обработки початков кукурузы. Число комбайнов m в звене следует рассчитать по формулам (13.1), (13.2) с учетом ранее приведенных значений площади одного поля $F_{п}$ (см. табл. 17.1), производительности комбайна W_m , вычисленной по формуле (17.1), $T_{см} = 7$ ч, $k_{см·m} = 1,5$ и продолжительности обработки одного поля $D_{п} = 1...3$ дня. Ограничение $m < 5$ также остается в силе.

Число транспортных средств n каждого вида в звене при упрощенном варианте расчета получим на основании выражения (16.8), подразумевая под U значения урожайности початков $U_{п}$, зерна U и листостебельной массы $U_{л·м}$ с учетом соотношения (17.2) между ними. Производительности соответствующих транспортных средств W_n определены ранее при $k_{см·n} = 1,5$.

По формуле (16.8) в упрощенном варианте можно рассчитать также число агрегатов ПМУ-15 и ОП-15П, подразумевая под U урожайность початков, а под W_n производительность соответствующего агрегата при $k_{см·m} = 1,5$ и $k_{см·n} = k_{см·a} = 2$. При необходимости можно рассчитать также число комбайнов, обслуживаемых одним ПМУ-15 или ОП-15П.

Оптимальное число n транспортных средств каждого вида в звене можно определить также методами теории массового обслуживания по минимуму потерь от взаимного ожидания с комбайнами $C_{mn} \rightarrow \min$ на основе равенств (16.9)-(16.15). Необходимо определить только соответствующие значения времени $t_{не}$ и t_m в (16.15) и соотношения C_m/C_n между ценами уборочных C_m и транспортных C_n средств. Значение $t_{не}$ для каждого транспортного средства в (16.15) можно рассчитать по формуле (16.16) с учетом расстояния перевозки L_T

в таблице 17.1 и ранее принятых $t_{\text{раз}} = 0,120$ ч, а также $v_{\text{тех}} = 28-32$ км/ч для автомобилей, $v_{\text{тех}} = 19$ км/ч – для тракторного транспорта. Время обслуживания комбайном транспортного средства t_m в (16.15) следует определить с учетом особенностей работы кукурузоуборочных и зерноуборочных комбайнов с приставками, а также вида перевозимой фракции урожая и используемого транспортного средства.

При перевозке на сменяемом тракторном прицепе початков кукурузы от комбайнов **ККП-3** и **КСКУ-6** значение t_m получим в виде суммы

$$t_m = t_{\text{ку}} + t_{\text{зам}}, \quad (17.5)$$

где $t_{\text{ку}}$, $t_{\text{зам}}$ – соответственно время заполнения кузова прицепа початками и замены заполненного прицепа порожним, ч.

Ранее принято $t_{\text{зам}} = 0,066$ ч, а значение $t_{\text{ку}}$ можно рас–считать по формуле (17.3) с учетом приведенных выше значений фактической грузоподъемности прицепа в початках $Q_{\text{г}} = Q_{\text{гн}} \cdot k_{\text{г}}$, в зависимости от влажности зерна. Следует также подставить вместо U значение урожайности $U_{\text{п}}$ в початках при $t_{\text{п}} = 0,0147$ ч. При перевозке зерна кукурузы от зерноуборочных комбайнов значение t_m вместо (17.5) получим с учетом (16.17)-(16.20) в виде

$$t_m = n_{\text{б}} \cdot \left[\frac{\Omega_{\text{б}} \cdot \rho \cdot \gamma_{\text{б}}}{0,36 \cdot B \cdot U \cdot v} + \left(\frac{10^4 \cdot \Omega_{\text{б}} \cdot \rho \cdot \gamma_{\text{б}}}{L \cdot B \cdot U} - 1 \right) \cdot t_{\text{п}} + t_{\text{в}} \right]. \quad (17.6)$$

Значения вместимости бункера комбайна $\Omega_{\text{б}}$, плотности зерна кукурузы ρ , ширины захвата B , скорости v комбайна в (17.6) приведены ранее. Для коэффициента заполнения бункера $\gamma_{\text{б}}$, времени одного поворота комбайна $t_{\text{п}}$ и времени выгрузки зерна из бункера $t_{\text{в}}$ следует принять нормативные значения: $\gamma_{\text{б}} = 0,98$; $t_{\text{п}} = 0,0147$ ч; $t_{\text{в}} = 0,066$ ч. Значение U в формуле (17.6) соответствует урожайности кукурузы в зерне, приведенной ранее. Более эффективными, как указано

ранее, являются транспортные средства, грузоподъемность которых соответствует массе одного бункера зерна при $n_6 = 1$. При перевозке листостебельной массы во всех случаях с учетом выражения (17.3) имеем $t_m = t_b$.

При отсутствии более точных данных приближенно для соотношений C_m/C_n между оптовыми ценами уборочного C_m и транспортного C_n средств можно принять следующие значения: **2,76** и **2,85** – при перевозке соответственно автомобилями и тракторным транспортом зерна кукурузы, а также листостебельной массы от комбайна **СК-5М** с приставкой **ППК-4**; **7,45** – при перевозке автомобилями зерна кукурузы и листостебельной массы от комбайна «**Дон-1500**» с приставкой **КМД-6**. На основании приведенных данных можно определить численным методом по формулам (16.12) и (16.13) оптимальное число транспортных средств n_{opt1} для обслуживания одного кукурузоуборочного комбайна. Для обслуживания всех m комбайнов звена оптимальное число транспортных средств n_{opt1} получим на основании (16.21) с учетом приведенных в задании 16 значений поправочных коэффициентов: $m = 1... 2 - \varphi_k = 1$; $m = 3 - \varphi_k = 0,83$; $m = 4 - \varphi_k = 0,75$; $m = 5 - \varphi_k = 0,7$. По формуле (16.22) можно определить и соответствующие коэффициенты простоя k_m комбайнов и k_n транспортных средств.

Упрощенный метод определения потребного числа транспортных средств методами теории массового обслуживания на основе равенств (16.23)-(16.28) применим и в данном случае. При этом в зависимости от способа уборки каждый кукурузоуборочный комбайн создает простейший вероятностный поток требований в виде порций початков, зерна и листостебельной массы с плотностью λ_1 (1/ч), определяемой из формулы (16.23).

Значение $t_{m\bar{b}}$ при этом соответствует времени заполнения кузова прицепа початками t_{mkn} при уборке кукурузы комбайнами ККП-3 и КСКУ-6, или времени заполнения зерном кукурузы бункера зерноуборочного комбайна с приставкой $t_{m\bar{b}}$, или времени заполнения кузова транспортного средства листостебельной массой t_{mkl} . Значение $t_{mkn} = t_{ky}$ получим на основании (17.5) с учетом приведенных выше данных. Время заполнения бункера зерноуборочного комбайна

$t_{mkб}$ получим из (17.6) при $n_6=1$ и $t_b=0$. С учетом выражения (17.3) для перевозки листостебельной массы от любого комбайна получим $t_{mkl} = t_{зам}$. После определения $t_{mкл}$, $t_{mkб}$ и t_{mkl} рассчитаем по формуле (16.5) плотность суммарного потока требований на транспортное обслуживание каждого вида: $\lambda = m\lambda_1$.

Интенсивность μ каждого из трех видов транспортного обслуживания получим на основании (16.26). При перевозке початков t_b соответствует времени замены $t_{зам}$ заполненного прицепа на порожний, а при перевозке зерна от комбайна – времени t_b выгрузки зерна из бункера комбайна. Ранее получено $t_{зам} = t_b = 0,066$ ч.

Для случая перевозки листостебельной массы значение t_b в формуле (16.26) соответствует времени смены транспортных средств, которым можно пренебречь из-за его малости, принимая $t_b = 0$. Время разгрузки $t_{раз} = 0,12$ ч в (16.26) для всех трех случаев перевозки принято одинаковым.

После определения $\alpha = \lambda/\mu$ для каждого из трех видов транспортного обслуживания на основании (16.27) и (16.28) можно рассчитать соответствующие показатели работы системы массового обслуживания (СМО) по аналогии с предыдущим заданием. В частности, на основании (16.29) и (16.30) можно определить эффективные сочетания вероятности отказа $P_{отк.э}$ в транспортном обслуживании и вместимости технологического компенсатора $\Omega_{км}$. При перевозке початков от комбайнов ККП-3 и КСКУ- 6, а также листостебельной массы от комбайнов любого вида, значение Ω_6 в (16.30) равно вместимости кузова $\Omega_{ку}$ соответствующего транспортного средства при $\gamma_6=\gamma_k 0,98$, $K_{см} = 1,5$. В качестве межсменных технологических компенсаторов во всех случаях можно использовать резервные транспортные прицепы, число которых $n_{рп}$ получим с учетом (16.30):

$$n_{рп} = \Omega_{км}/\Omega_{ку} ,$$

где $\Omega_{ку}$ – объем кузова одного резервного прицепа, м³.

Анализ различных вариантов использования резервных прицепов с учетом влияния действующих факторов можно выполнить в качестве студенческой исследовательской работы на базе ЭВМ. Эффективную взаимосвязанную работу комбайнов, транспортных средств и агрегатов для послеуборочной обработки урожая с учетом влияния вероятностных факторов можно обеспечить по аналогии с (16.31)-(16.35). Как указано ранее, послеуборочную обработку зерна кукурузы производят по аналогии с заданием 16 на агрегатах типа ЗАВ и КЗС, поэтому равенства (16.31)-(16.35) будут справедливы и в данном случае. Указанные равенства можно использовать и при послеуборочной обработке початков кукурузы на агрегатах ПМУ-15П и ОП-15П или ОП-15С после соответствующих подстановок, рассматриваемых ниже. Число m_{a1} комбайнов ККП-3 или КСКУ-6, обслуживаемых одним агрегатом типа ПМУ-15 или ОП-15, при упрощенном варианте расчета получим из (16.31) с учетом значений W_a из (17.4), $k_{см.а} = 2$, а также производительности комбайна W_m из (17.1), урожайности початков $u_{п}$ (см. табл. 17.1) и $k_{см.м} = 1,5$. Более точное решение и в данном случае можно получить по аналогии с (16.32)-(16.35) методами теории массового обслуживания с учетом вероятностного характера потока прибывающих с початками транспортных средств. Среднюю плотность этого потока λ_a получим по аналогии с (16.32) с учетом (17.5):

$$\lambda_a = m_{a1}/t_{ку}. \quad (17.7)$$

Интенсивность обслуживания μ_a указанных требований в виде порций початков с массой $Q_{гн}k_r$ агрегатами ПМУ-15 или ОП-15П получим из (16.33) с учетом их производительности W_a из (17.4). Затем при известных значениях λ_a и μ_a можно определить на основании (16.34) вероятность отказа $P_{отк}$ в обслуживании требований из-за перегрузки и простоя самих агрегатов P_{0a} из-за отсутствия початков (требований).

Затем в зависимости от значения $P_{отк}$ можно определить требуемую вместимость технологического компенсатора:

$$\Omega_{\text{КМ}} = \frac{m_{a1} \cdot T_{\text{СМ}} \cdot k_{\text{СМ}} \cdot Q_{\text{ГН}} \cdot k_{\text{Г}}}{\gamma_{\text{КМ}} \cdot t_{\text{КУ}} \cdot \rho} \cdot \left(\frac{\lambda_a}{\lambda_a + \mu_a} \right). \quad (17.8)$$

Значение ρ в формуле (17.8) равно плотности кукурузы в початках (**0,550** т/м³) при $\gamma_{\text{КМ}} = \mathbf{0,98}$, а $Q_{\text{ГН}} \cdot k_{\text{Г}}$ соответствует ранее приведенной фактической грузоподъемности используемого прицепа в зависимости от заданной влажности зерна кукурузы. Указанное значение приближенно можно получить и с учетом грузоподъемности при-цепа $Q_{\text{ГН}}$ и $k_{\text{Г}} = \mathbf{0,85}$.

Потребную площадь технологического компенсатора $F_{\text{КМ}}$ получим из (17.8) с учетом допустимой толщины $h_{\text{КМ}}$ слоя початков:

$$F_{\text{КМ}} = \Omega_{\text{КМ}} / h_{\text{КМ}}. \quad (17.9)$$

Аналогичное решение можно получить на основе теории массового обслуживания и соответствующих равенств (16.31) - (16.35) для случая силосования листостебельной массы. При этом значение W_a в формуле (16.31) соответствует интенсивности или темпу силосования (т/ч) с учетом коэффициента сменности $k_{\text{СМ}}$ и урожайности $U = U_{\text{ЛМ}}$. Плотность потока транспортных средств с листостебельной массой λ_a получим из (17.7) путем подстановки вместо $t_{\text{КУ}}$ значения времени $t_{\text{ВЛ}}$ заполнения кузова из (17.3). Интенсивность приема транспортных средств с листостебельной массой μ_a получим из (16.33) с учетом фактической грузоподъемности $Q_{\text{ГН}} \cdot k_{\text{Г}}$ из таблицы 17.3. В общем случае можно воспользоваться и значениями номинальной грузоподъемности $Q_{\text{ГН}}$ и $k_{\text{Г}} = \mathbf{0,6}$. После этого можно определить вероятность отказа $P_{\text{отк}}$ в приеме транспортных средств и простоя $P_{\text{оа}}$ средств силосования.

Потребную вместимость технологического компенсатора по объему $\Omega_{\text{КМ}}$ и по площади $F_{\text{КМ}}$ получим из (17.8) и (17.9) с учетом плотности листостебельной массы $\rho_{\text{ЛМ}} = \mathbf{0,25}$ т/м³ при $k_{\text{Г}} = \mathbf{0,6}$. Для обеспечения эффективной работы всех агрегатов УТЗ необходимо подготовить поле и организовать взаимосвязанное движение агрегатов в соответствии с методами, изложенными в задании 5.

Основной способ движения для всех комбайнов – **вразвал** и различные варианты чередования **всвал и вразвал**. При этом направление движения комбайна выбирают таким, чтобы убранный поле находилось со стороны выгрузки листостебельной массы, т. е. слева. Оптимальная ширина загона должна быть такой, чтобы число рядков было кратным числу убираемых комбайном рядков (см. табл. 17.2). Каждый агрегат при этом должен работать на отдельном загоне. Разгрузочные магистрали прокладывают по аналогии с предыдущим заданием на расстоянии, равном пути заполнения прицепа початками или бункера зерном. Для более углубленного освещения данной задачи следует использовать специальную литературу по операционной технологии уборки кукурузы.

Качество уборки кукурузы в початках оценивают балльным способом по следующим основным показателям:

- потерям початков и зерна;
- повреждению початков;
- степени очистки початков от оберток;
- степени измельчения листостебельной массы;
- высоте среза стеблей.

При уборке кукурузы в зерне определяют:

- потери зерна на земле;
- недомолот и недовытряс;
- чистоту зерна;
- повреждение зерна;
- степень измельчения листостебельной массы;
- высоту среза стеблей.

Оценку качества уборки выставляют по числу набранных баллов.

Особенности уборки кукурузы на силос

При уборке кукурузы на силос в стадии молочно-восковой спелости для отдельного силосования початков без их очистки также используют кукурузо-

уборочные комбайны ККП-3 и КСКУ-6. Методы оптимального проектирования такого технологического процесса аналогичны уборке кукурузы в початках и не требуют самостоятельного рассмотрения. Исходя из этого, далее изложены только особенности проектирования производственных процессов по уборке кукурузы на силос специальными силосоуборочными агрегатами. Соответствующие варианты заданий можно составить на основе таблицы 17.1 при тех же значениях длины гона, площади поля и расстояниях перевозки листостебельной массы. Значения урожайности можно выбрать в диапазоне **20-160** т/га. Технология уборки кукурузы на силос аналогична описанной выше технологии уборки листостебельной части урожая.

Основные агротехнические требования:

- продолжительность уборки до **10** дней;
- длина резки **2-3** и **1-2** см соответственно при влажности **65-75** и более **75%**;
- высота среза растений **8-10** см (толстостебельных) и **5-6** см (тонкостебельных);
- общие потери урожая до **3%**;
- продолжительность заполнения одного силосохранилища **3-4** дня (не более).

Эффективные ресурсосберегающие силосоуборочные агрегаты следует выбирать с учетом их основных эксплуатационных параметров, приведенных в таблице 17.6, и условий работы, включая длину гона L и урожайность U . Значениям $L \leq 500$ м и $U = 40$ т/га примерно соответствуют агрегаты с двигателем мощностью $N_H = 100$ кВт, а при $L > 500$ м и $U > 40$ т/га – с двигателем мощностью $N_H > 100$ кВт.

Таблица 17.6

**Основные эксплуатационные параметры силосоуборочных агрегатов
и комбайнов**

Агрегат, комбайн	Номиналь- ная мощ- ность дви- гателя N_H , кВт	Пропускная способность рабочих ор- ганов Π_H , кг/с	Ширина захвата B , м	Наибольшая допустимая по агротехниче- ским требова- ниям скорость v_d , м/с
МТЗ-80(82) + КС-1,8	55,22	15	1,8	2,77
ДТ-75М + КС-1,8	66,25	15	1,8	2,77
Т-150 + КСС-2,6А	111,03	27	2,6	3,33
Т-150К + КСС-2,6А	121,47	27	2,6	3,33
ДТ-75М + КСС-2,6А	66,25	27	2,6	3,33
МТЗ-80(82) + КСС-2,6А	55,22	15	2,6	3,33
КСК-100А самоходный	150	20	3,4	3,33
«Полесье» самоходный	184	25	3,0	3,33

Для уплотнения силосной массы в траншеях чаще всего используют гусеничные тракторы ДТ-75М и Т-150.

Транспортные средства для перевозки силосной массы следует выбрать из таблицы 17.3 для влажности **65–...75%**. Рекомендации по подготовке всех агрегатов к работе необходимо составить в соответствии с имеющимися правилами. При определении нормативного и общего требуемых чисел агрегатов по аналогии с предыдущими заданиями следует принять: $F_{км} = 100$ га; $D_k = 4-10$ дней; $\alpha_k = 0,85$; $T_{см} = 7$ ч; $k_{см.м} = 1,5$; $\gamma_{гм} = 0,9$. Производительность силосоуборочного агрегата W_m рассчитаем по формуле (17.1) с учетом ширины захвата B из таблицы 17.6. Значение рабочей скорости движения агрегата следует определить с учетом допустимого значения v_d и пропускной способности Π_H :

$$v = \frac{\Pi_n \cdot \varepsilon_n}{0,1 \cdot B \cdot U} \leq v_d,$$

где $\varepsilon_n = 0,85$ – коэффициент использования пропускной способности.

Например, для комбайна **КСС-2,6** при $U = 40$ т/га, $B = 2,6$ м, $\Pi_n = 27$ кг/с, $\varepsilon_n = 0,85$ получим $v = 2,21$ м/с.

Для коэффициента использования времени смены τ можно использовать следующие приближенные значения: $L < 150$ м – $\tau = 0,42$; $L = 300-400$ м – $\tau = 0,53$; $L > 1000$ м – $\tau = 0,61$.

Нормативное $n_{n\Sigma}$ и общее n_Σ потребное число транс–портных средств можно рассчитать по формулам (16.4) при $k_{см\cdot m} = k_{см\cdot n} = 1,5$. Производительность транспортного средства определяют по аналогии с перевозкой листостебельной массы при уборке кукурузы на зерно. Аналогично следует определить и оптимальные составы уборочно-транспортных звеньев, как в упрощенном варианте, так и на основе методов теории массового обслуживания.

Основные способы движения агрегатов – **круговой** при длине гона $L \leq 400$ м и **вразвал** (загонный) при $L > 400$ м по ходу часовой стрелки с учетом выгрузки силосной массы в левую сторону. Задачи подготовки поля и организации движения агрегатов решают методами, изложенными в задании 5. При соответствующих длинах гона прокладывают разгрузочные магистрали, расстояние между которыми определяют изложенными ранее методами с учетом длины пути заполнения кузова транспортного средства силосной массой.

Качество работы силосоуборочных агрегатов также оценивают балльным способом по следующим показателям: высота среза до 10 см – 2 балла, более 10 см – 0; потери листостебельной массы 1-3% – 5 баллов, 3-6% – 3, более 6% – 0; степень измельчения на частицы требуемой длины – 2 балла, отклонение от требуемой длины частиц – 0.

Пример расчета варианта задания №30

1. Выписываем из таблицы 17.1 исходные данные варианта №30.

№ варианта	Длина гона, м	Площадь поля, га	Урожайность, т/га (початки)	Влажность зерна, %	Расстояние перевозки, км		Вид уборки
					початки	стебли	
30	280	80	2	27	3	5	Початки

2. В соответствии с заданием излагаем технологию уборки кукурузы в початках.

Уборку кукурузы на зерно в нашей стране проводят по двум технологиям:

- в початках – специальными кукурузоуборочными комбайнами;
- в зерне – переоборудованными зерноуборочными комбайнами.

По первой технологии в процессе движения рабочие органы комбайна отрывают початки кукурузы от стеблей, очищают их и подают в кузов сменяемого тракторного прицепа, присоединяемого к комбайну сзади. Стебли кукурузы срезаются режущим аппаратом комбайна, измельчаются измельчающим барабаном и подаются в кузов идущего рядом с комбайном транспортного средства. Початки доставляют на ток тракторным транспортом, дорабатывают, включая доочистку и сортирование, сушат при необходимости до влажности **16-18%** и закладывают на хранение или отправляют по назначению.

Измельченную листостебельную массу доставляют к местам силосования или скармливания животным.

3. Основные агротехнические требования при уборке кукурузы:

- оптимальные сроки уборки для одного гибрида **5-7** дней;
- оптимальная влажность зерна при уборке в початках **35-45%**, а при уборке в зерне **25-35%**;
- полнота сбора зерна не менее **97%** и полнота сбора зерна не менее **97** и **98%** соответственно при уборке в початках и в зерне;
- полнота сбора листостебельной массы не менее **95%**;

- степень очистки початков не менее **95%**;
- повреждение зерна в початках не более **1%**;
- степень очистки зерна от примесей не менее **97%**;
- содержание поврежденного зерна **до 2%**.

4. Выбираем эффективные агрегаты для уборки в початках, (стр.7...11).

Для уборки кукурузы в початках выбираем самоходный комбайн КСКУ-6 (таб. 17.2).

Для сбора и перевозки початков используем тракторный прицеп 2ПТС-4-887А+МТЗ-80/82. Нормальной вместимости кузова при наличии надставных бортов $\Omega_{\text{ку}} = 6\text{ м}^3$ при влажности 27% и плотности кукурузы в початках $\rho_{\text{п}} = 0,55\text{ т/м}^3$ соответствует грузоподъемность $\Omega_{\text{гн}} = 6 \cdot 0,55 = 3,3\text{ т}$.

Коэффициент использования грузоподъемности в початках $k_{\text{г}} = 0,85$.

Для перевозки листостебельной массы при расстояниях перевозки $l_{\text{г}} \leq 5$ км из таблицы (17.3) выбираем агрегат МТЗ-80/82+2ПТС-4-887А.

$\rho_{\text{п}} = 0,55\text{ т/м}^3$ - плотность листостебельной массы;

$k_{\text{г}} = 0,6$ - коэффициент использования грузоподъемности.

Для послеуборочной обработки початков, при влажности кукурузы 27% выбираем агрегат ОП-15П+МТЗ-80, (стр.10).

Для уплотнения массы в силосохранилищах используем трактор Т-150.

5. Определяем по формуле (17.1) часовую производительность КСКУ-6, с учетом, что

$B = 4,2\text{ м}$ – ширина захвата комбайна (таб.17.2);

$V = 2,5\text{ м/с}$ – скорость движения комбайна при урожайности $u = 2\text{ т/га}$, (таб. 17.4);

$\tau = 0,467$ – коэффициент использования времени смены при $L = 280\text{ м}$, (таб. 17.5).

$$W_{\text{м}} = 0,36 \cdot 4,2 \cdot 2,5 \cdot 0,467 = 1,765\text{ га/ч.}$$

6. Определяем по формуле (12.1) нормативное число комбайнов, с учетом, что

$u_{\Pi} = 2$ т/га – урожайность в початках, (в задании);

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

$D_{\kappa} = 12$ дн. – продолжительность уборки (стр.11);

$\alpha_{\kappa} = 0,87$ – коэффициент использования календарного времени;

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

$\gamma_{\Gamma\text{м}} = 0,9$ – коэффициент готовности комбайна.

$$m_{H\Sigma} = \frac{u_{\Pi} \cdot F_{H\Sigma}}{D_{\kappa} \cdot \alpha_{\kappa} \cdot W_m \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см.м}} \cdot \gamma_{\Gamma\text{м}}} = \frac{2 \cdot 100}{12 \cdot 0,87 \cdot 1,765 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 0,9} = \frac{200}{174,13} = 1,15$$

7. Определяем по формуле (12.8) общую потребность в комбайнах, с учетом, что $F_{\Sigma} = 80$ га, (в задании).

$$m_{\Sigma} = \frac{F_{\Sigma}}{100} \cdot m_{H\Sigma} = \frac{80}{100} \cdot 1,15 = 0,8 \cdot 1,15 = 0,92 \approx 1$$

8. Определяем по формуле (16.5) часовую производительность транспортного агрегата, с учетом, что

$Q_{\Gamma\text{н}} = 3,3$ т – фактическая грузоподъемность прицепа, (п.4);

$k_{\Gamma} = 0,85$ - коэффициент использования грузоподъемности, (п.4);

$V_{\text{тех.}} = 19$ км/ч – скорость движения трактора с прицепом, (стр.13);

$l_{\Gamma} = 3$ км – расстояние перевозки початков, (в задании);

$t_{\text{в}} = 0,066$ ч – время замены заполненного прицепа на порожний, (стр.13);

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

$$W_{\text{нп}} = \frac{Q_{\Gamma\text{н}} \cdot k_{\Gamma}}{\frac{2 \cdot l_{\Gamma}}{V_{\text{тех.}}} + t_{\text{в}} + t_{\text{раз.}}} = \frac{3,3 \cdot 0,85}{\frac{2 \cdot 3}{19} + 0,066 + 0,12} = \frac{2,8}{0,32 + 0,066 + 0,12} = \frac{2,8}{0,506} = 5,53 \text{ т/ч.}$$

9. Определяем по формуле (16.4) нормативное $n_{H\Sigma}$ и общее число n_{Σ} транспортных средств для перевозки початков от комбайнов, с учетом, что

$u_{\Pi} = 2\text{т/га}$ – урожайность в початках, (в задании);

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

$W_{\text{пт}} = 5,53\text{т/ч}$ - часовая производительность транспортного агрегата.

$$n_{\text{н}\Sigma} = \frac{m_{\text{н}\Sigma} \cdot W_m \cdot u \cdot k_{\text{см.м}}}{W_n \cdot k_{\text{см.п}}} = \frac{1,5 \cdot 1,765 \cdot 2 \cdot 1,5}{5,53 \cdot 1,5} = \frac{6,089}{8,295} = 0,73;$$

$$n_{\Sigma} = \frac{m_{\Sigma} \cdot W_m \cdot u \cdot k_{\text{см.м}}}{W_n \cdot k_{\text{см.п}}} = \frac{1 \cdot 1,765 \cdot 2 \cdot 1,5}{5,53 \cdot 1,5} = \frac{5,295}{8,295} = 0,63 \approx 1.$$

10. Определяем по формуле (17.2) урожайность листостебельной массы

$$u_{\text{л.м}} = 1,326 \cdot 2 = 2,65\text{т/га}.$$

11. Определяем по формуле (17.3) время заполнения кузова листостебельной массой, учитывая, что влажность листостебельной массы 30...40% при влажности зерна менее 35% (в задании). Поэтому в соответствии с таблицей 17.3

$Q_{\text{гн}} = 9,8 \text{ м}^3$ – объем кузова прицепа;

$\rho = 0,25 \text{ т/м}^3$ – плотность листостебельной массы (стр. 10);

$Q_{\text{гн}} = 9,8 \cdot 0,25 = 2,45 \text{ т}$ - грузоподъемность прицепа при перевозке массы;

$V_{\text{тех.}} = 19 \text{ км/ч}$ – скорость движения трактора с прицепом, (стр. 13);

$k_{\text{г}} = 0,6$ - коэффициент использования грузоподъемности, (стр. 10)

$$\begin{aligned} t_{\text{в}} = t_{\text{зап}} &= \frac{2,45 \cdot 0,6}{0,36 \cdot 4,2 \cdot 2,65 \cdot 19} + \left(\frac{10^4 \cdot 2,45 \cdot 0,6}{280 \cdot 4,2 \cdot 2,65} - 1 \right) \cdot 0,0147 \\ &= \frac{1,47}{76,13} + \left(\frac{14700}{3116} - 1 \right) \cdot 0,0147 = 0,02 + (4,72 - 1) \cdot 0,0147 \\ &= 0,02 + 3,72 \cdot 0,0147 = 0,02 + 0,055 = 0,075\text{ч}. \end{aligned}$$

12. Определяем по формуле (16. 5) производительность транспортного агрегата для перевозки листостебельной массы, учитывая, что

$l_{\text{г}} = 5\text{км}$ – расстояние перевозки листостебельной массы, (в задании).

$$W_{\text{н.л.м}} = \frac{2,45 \cdot 0,6}{\frac{2 \cdot 5}{19} + 0,075 + 0,12} = \frac{1,47}{0,53 + 0,075 + 0,12} = \frac{1,47}{0,725} = 2,03\text{т/ч}.$$

13. Определяем по формуле (16. 4) нормативное $n_{н\sigma}$ и общее число n_{Σ} транспортных средств для перевозки листостебельной массы от комбайнов, с учетом, что урожайность листостебельной массы $u_{л.м} = 2,65$ т/га.

$$n_{н\sigma} = \frac{1,15 \cdot 1,765 \cdot 2,65 \cdot 1,5}{2,03 \cdot 1,5} = \frac{8,07}{3,04} = 2,65$$

$$n_{\Sigma} = \frac{1 \cdot 1,765 \cdot 2,65 \cdot 1,5}{2,03 \cdot 1,5} = \frac{7,01}{3,04} = 2,3 \approx 3.$$

14. Определяем по формуле (17. 4) часовую производительность ОП-15П для очистки початков, учитывая, что

$P_a = 15$ т/ч – чистая производительность агрегата, (стр. 14);

$\tau_a = 0,9$ коэффициент использования времени смены.

$W_a = 15 \cdot 0,9 = 13,5$ т/ч.

15. Определяем по формуле (16. 6) нормативное $n_{н\sigma}$ и общее число n_{Σ} агрегатов для послеуборочной обработки початков ОП-15П, с учетом, что

$u_{п} = 2$ т/га – урожайность в початках, (в задании);

$k_{см.а} = 2$ – коэффициент сменности для ОП-15П, (стр. 14);

$\varepsilon_a = 1$ - коэффициент, учитывающий одновременную обработку зерна других культур, (стр. 14).

$$n_{а.н\sigma} = \frac{m_{н\sigma} \cdot W_m \cdot u \cdot k_{см.м} \cdot \varepsilon_a}{W_a \cdot k_{см.а}} = \frac{1,15 \cdot 1,765 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 1}{13,5 \cdot 2} = \frac{6,089}{27} = 0,22;$$

$$n_{а\sigma} = \frac{m_{\Sigma} \cdot W_m \cdot u \cdot k_{см.м} \cdot \varepsilon_a}{W_a \cdot k_{см.а}} = \frac{1 \cdot 1,765 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 1}{13,5 \cdot 2} = \frac{5,295}{27} = 0,196 \approx 1.$$

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

$F_{п} = 80$ га – площадь поля, (в задании);

$D_{п} = 1...3$ дн. – продолжительность обработки поля, (стр.15);

$W_m = 1,765$ га/ч – производительность комбайна (п.5).

$$m_{зв} = \frac{F_{п}}{D_{п} \cdot W_m \cdot T_{см} \cdot k_{см}} = \frac{80}{3 \cdot 1,765 \cdot 7 \cdot 1,5} = \frac{80}{55,6} = 1,43 \approx 2.$$

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

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

$$u_{п} = 2 \text{ т/га} - \text{урожайность в початках, (в задании);}$$

$$u_{л.м} = 2,65 \text{ т/га} - \text{урожайность листостебельной массы, (п.10);}$$

$W_{п.п} = 5,53 \text{ т/ч}$ - часовая производительность транспортного агрегата при перевозке початков, (п.8);

$W_{н.л.м} = 2,03 \text{ т/ч}$ - производительность транспортного агрегата для перевозки листостебельной массы, (п.12).

$$n_{п.зв} = \frac{m_{зв} \cdot W_m \cdot u_{п} \cdot k_{см.м.}}{W_{п.п} \cdot k_{см.п}} = \frac{2 \cdot 1,765 \cdot 2 \cdot 1,5}{5,53 \cdot 1,5} = \frac{10,59}{8,29} = 1,3 \approx 2;$$

$$n_{л.м.зв} = \frac{2 \cdot 1,765 \cdot 2,65 \cdot 1,5}{2,03 \cdot 1,5} = \frac{14,03}{3,04} = 4,61 \approx 5.$$

18. Определяем по формуле (16.8) число ОП-15П, учитывая, что

$$W_{па} = 13,5 \text{ т/ч} - \text{производительность ОП-15П, (п. 14);}$$

$k_{см.а} = 2$ - коэффициент сменности транспортного агрегата, (стр.14).

$$n_{а.зв} = \frac{2 \cdot 1,765 \cdot 2 \cdot 1,5}{13,5 \cdot 2} = \frac{10,59}{27} = 0,39 \approx 1.$$

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

$$l_{п.п} = 3 \text{ км} - \text{расстояние перевозки початков, (в задании);}$$

$$l_{л.м} = 5 \text{ км} - \text{расстояние перевозки листостебельной массы, (в задании);}$$

$$V_{тех.} = 19 \text{ км/ч} - \text{скорость движения трактора с прицепом, (стр.13);}$$

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

$$t_{n.вп} = \frac{2 \cdot l_{\Gamma}}{V_{\text{тех.}}} + t_{\text{раз.}} = \frac{2 \cdot 3}{19} + 0,12 = 0,315 + 0,12 = 0,435\text{ч};$$

$$t_{n.в.л.м} = \frac{2 \cdot 5}{19} + 0,12 = 0,526 + 0,12 = 0,646\text{ч}.$$

20. Определяем по формуле (17.3) время заполнения кузова початками $t_{\text{ку}}$, учитывая, что

$Q_{\text{гн}} = 3,3$ т – фактическая грузоподъемность прицепа с початками, (п. 4);

$k_{\Gamma} = 0,85$ - коэффициент использования грузоподъемности, (п. 4);

$B = 4,2$ м – ширина захвата комбайна (таб. 17.2);

$u_{\text{п}} = 2$ т/га – урожайность в початках, (в задании);

$V_{\text{тех.}} = 19$ км/ч – скорость движения трактора с прицепом.

$$\begin{aligned} t_{\text{ку}} &= \frac{3,3 \cdot 0,85}{0,36 \cdot 4,2 \cdot 2 \cdot 19} + \left(\frac{10^4 \cdot 3,3 \cdot 0,85}{280 \cdot 4,2 \cdot 2} - 1 \right) \cdot 0,0147 \\ &= \frac{2,805}{57,45} + \left(\frac{28050}{2352} - 1 \right) \cdot 0,0147 = 0,048 + (11,926 - 1) \cdot 0,0147 \\ &= 0,048 + 10,926 \cdot 0,0147 = 0,048 + 0,16 = 0,21\text{ч}. \end{aligned}$$

При перевозке листостебельной массы принимаем $t_{\text{ку.лм}} = t_{\text{в}} = 0,075\text{ч}$, (п.11).

21. Определяем по формуле (17.5) среднюю продолжительность обслуживания комбайном одного транспортного средства, с учетом, $t_{\text{зам.}} = 0,066\text{ч}$, (стр. 15).

$$t_{m\text{п}} = 0,21 + 0,066 = 0,276\text{ч};$$

$$t_{m.лм} = 0,075 + 0,066 = 0,141\text{ч}.$$

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

$$\mu_{\text{п}} = \frac{1}{t_{n.вп}} = \frac{1}{0,435} = 2,29 \text{ 1/ч}; \quad \lambda_{\text{п}} = \frac{1}{t_{m.п}} = \frac{1}{0,276} = 3,62 \text{ 1/ч}.$$

$$\mu_{\text{ЛМ}} = \frac{1}{0,646} = 1,54 \text{ 1/ч}; \quad \lambda_{\text{ЛМ}} = \frac{1}{0,141} = 7,09 \text{ 1/ч.}$$

$$\text{Тогда } \alpha_{\text{п}} = \lambda_{\text{п}}/\mu_{\text{п}} = 3,62/2,29 = 1,58; \quad \alpha_{\text{ЛМ}} = 7,09/1,54 = 4,6.$$

23. Определяем по формуле (16. 13) вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства в момент заполнения бункера зерном. Так как в нашем звене два транспортных агрегата (п.17) для перевозки початков, то расчеты выполняем два раза.

При $n_{\text{п}} = 1$

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

$$P_{m01\text{п}} = \frac{1}{1+1 \cdot 1,58} = \frac{1}{2,58} = 0,38.$$

При $n_{\text{п}} = 2$

$$P_{m02\text{п}} = \frac{1}{1 + 2 \cdot 1,58 + 2 \cdot (2 - 1) \cdot 1,58^2} = \frac{1}{1 + 3,16 + 2 \cdot 2,49} = \frac{1}{1 + 3,16 + 4,98} \\ = \frac{1}{9,14} = 0,12.$$

Для перевозки листостебельной массы в звене 5 транспортных агрегатов (п. 17), поэтому расчет выполняем пять раз.

$$P_{m01.\text{ЛМ}} = \frac{1}{1 + 1 \cdot 4,6} = \frac{1}{5,6} = 0,18;$$

$$P_{m02.\text{ЛМ}} = \frac{1}{1 + 2 \cdot 4,6 + 2 \cdot (2 - 1) \cdot 4,6^2} = \frac{1}{1 + 9,2 + 2 \cdot 21,16} = \frac{1}{10,2 + 42,32} = \frac{1}{52,52} \\ = 0,019;$$

$$P_{m03.\text{ЛМ}} = \frac{1}{1 + 3 \cdot 4,6 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot 4,6^2 + 3 \cdot (3 - 1) \cdot (3 - 2) \cdot 4,6^3} \\ = \frac{1}{1 + 13,8 + 6 \cdot 21,16 + 6 \cdot 97,33} = \frac{1}{14,8 + 126,96 + 584} = \frac{1}{725,76} = 0,0013;$$

$P_{m04.\text{ЛМ}}$

$$= \frac{1}{1 + 4 \cdot 4,6 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot 4,6^2 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot 4,6^3 + 4 \cdot (4 - 1) \cdot (4 - 2) \cdot (4 - 3) \cdot 4,6^4} \\ = \frac{1}{1 + 18,4 + 12 \cdot 21,16 + 24 \cdot 97,33 + 24 \cdot 448} = \frac{1}{19,4 + 254 + 2336 + 10752} = \frac{1}{13361} \\ = 0,00007;$$

$$P_{m05.лм} \approx 0$$

24. Определяем по формуле (16.14) среднее число простаивающих транспортных средств обоих видов

$$n_0 = n - (1 - P_{m0}) \cdot \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) = n_{01п} = 1 - (1 - 0,38) \cdot \left(1 + \frac{1}{1,58}\right) = 1 - 0,62 \cdot (1 + 0,63) = 1 - 1,01 \approx 0;$$

$$n_{02п} = 2 - (1 - 0,12) \cdot \left(1 + \frac{1}{1,58}\right) = 2 - 0,88 \cdot 1,63 = 2 - 1,43 = 0,57.$$

$$n_{01.лм} = 1 - (1 - 0,18) \cdot \left(1 + \frac{1}{4,6}\right) = 1 - 0,82 \cdot (1 + 0,22) = 1 - 1,0 = 0;$$

$$n_{02.лм} = 2 - (1 - 0,019) \cdot 1,22 = 2 - 0,981 \cdot 1,22 = 2 - 1,547 = 0,453;$$

$$n_{03.лм} = 3 - (1 - 0,0013) \cdot 1,22 = 3 - 0,99 \cdot 1,22 = 3 - 1,208 = 1,792;$$

$$n_{04.лм} = 4 - (1 - 0,00007) \cdot 1,22 = 4 - 0,999 \cdot 1,22 = 4 - 1,218 = ,782;$$

$$n_{05.лм} = 5 - (1 - 0) \cdot 1,22 = 5 - 1,22 = 3,78.$$

25. Определяем по формуле (16. 12) критерий оптимальности, с учетом, что $\frac{C_m}{C_n} = 2,85$, (стр. 16)

$$\overline{C_{mn}} = P_{m0} \cdot \frac{C_m}{C_n} + n_0 \rightarrow \min = \overline{C_{mn1п}} = 0,38 \cdot 2,85 + 0 = 1,083;$$

$$\overline{C_{mn2п}} = 0,12 \cdot 2,85 + 0,57 = 0,342 + 0,57 = 0,912.$$

Из полученных результатов видно, что минимум затрат $\overline{C_{mn.min}} = \overline{C_{mn2п}} = 0,912$ имеет место при $n_{opt} = n_2 = 2$, т.е. при двух транспортных агрегатах для перевозки початков.

$$\overline{C_{mn1.лм}} = 0,18 \cdot 2,85 + 0 = 0,513;$$

$$\overline{C_{mn2.лм}} = 0,019 \cdot 2,85 + 0,803 = 0,054 + 0,453 = 0,507;$$

$$\overline{C_{mn3.лм}} = 0,0013 \cdot 2,85 + 1,792 = 0,004 + 1,792 = 1,796;$$

$$\overline{C_{mn4.лм}} = 0,00007 \cdot 2,85 + 2,782 = 0,002 + 2,782 = 2,784;$$

$$\overline{C_{mn5.лм}} = 0 \cdot 2,85 + 3,78 = 3,78.$$

Из полученных результатов видно, что минимум затрат $\overline{C_{mn.min}} =$

$\overline{C_{mn2..лм}} = 0,507$ имеет место при $n_{opt} = n_2 = 2$, т.е. при двух транспортных агрегатах для перевозки

26. Определяем по формуле (16.21) оптимальное число транспортных средств обоих видов для всего уборочно-транспортного звена, с учетом $n_{opt.п} = 2$; $n_{opt.лм} = 2$;

$\varphi_k = 1$ – поправочный коэффициент при $m = 2$ (стр. 16).

$$n_0 = m \cdot n_{01} \cdot \varphi_k = n_{opt.п} = 2 \cdot 2 \cdot 1 = 4;$$

$$n_{opt..лм} = 2 \cdot 2 \cdot 1 = 4.$$

27. Определяем по формуле (16.22) коэффициенты простоя комбайнов k_m и транспортных средств k_n , с учетом, что $m_{оп} = P_{мо2п} = 0,12$; $m_{о..лм} = P_{мо2..лм} = 0,12$; $m = 2$;

$n = 2$; $n_{о..п} = 0,57$; $n_{о..лм} = 0,453$.

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

$$k_{m.п} = 0,12/2 = 0,06; \quad k_{n.п} = 0,57/2 = 0,06;$$

$$k_{m.лм} = 0,19/2 = 0,0095; \quad k_{n.лм} = 0,453/2 = 0,226;$$

28. Определяем по формуле (16.23) плотность потока требований в виде порций початков и листостебельной массы, учитывая, что

$t_{m.б} = t_{m.кп} = 0,21$ ч – время заполнения кузова початками одного транспортного средства, (п.20);

$t_{m.б} = t_{m.клм} = 0,075$ ч – время заполнения кузова листостебельной массой одного транспортного средства, (п.11).

$$\lambda_{1п} = 1/t_{m.кп} = 1/0,21 = 4,76 \quad 1/ч;$$

$$\lambda_{1лм} = 1/t_{m.клм} = 1/0,075 = 13,33 \quad 1/ч.$$

29. Определяем по формуле (16.25) плотность суммарного поток требова-

ний на обслуживание от всех m комбайнов звена на транспортное обслуживание каждого вида, $m = 2$, (п.16).

$$\lambda_{\Pi} = m \cdot \lambda_{1\Pi} = m/t_{m\delta} = 2 \cdot 4,76 = 9,52 \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{\text{ЛМ}} = m \cdot \lambda_{1\text{ЛМ}} = m/t_{m\delta} = 2 \cdot 13,33 = 26,66 \text{ 1/ч}.$$

30. Определяем по формуле (16.26) интенсивность обслуживания этих требований каждым транспортным средством, с учетом формулы (16.5), п.8 и п.12.

$$t_{n,\Pi} = 0,506 \text{ ч}; \quad t_{n,\text{ЛМ}} = 0,725 \text{ ч}$$

$$\mu_{\Pi} = \frac{1}{t_n} = \frac{1}{(2 \cdot l_{\Gamma}/v_{\text{тех}}) + t_{\text{в}} + t_{\text{раз}}} = \frac{1}{0,506} = 1,97 \text{ 1/ч};$$

$$\mu_{\text{ЛМ}} = \frac{1}{t_n} = \frac{1}{(2 \cdot l_{\Gamma}/v_{\text{тех}}) + t_{\text{в}} + t_{\text{раз}}} = \frac{1}{0,725} = 1,37 \text{ 1/ч}.$$

С учетом полученных результатов

$$\alpha_{\Pi} = \lambda_{\Pi}/\mu_{\Pi} = 9,52/1,97 = 4,83; \quad \alpha_{\text{ЛМ}} = \lambda_{\text{ЛМ}}/\mu_{\text{ЛМ}} = 26,66/1,37 = 19,46$$

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

$$n_{\text{opt},\Pi} = 4; \quad n_{\text{opt},\text{ЛМ}} = 4; \quad \alpha_{\Pi} = 4,83; \quad \alpha_{\text{ЛМ}} = 19,46.$$

$$P_o = \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{1!} + \frac{\alpha^2}{2!} + \dots + \frac{\alpha^n}{n!}} = P_{\text{оп}} = \frac{1}{1 + \frac{4,83}{1} + \frac{4,83^2}{1 \cdot 2} + \frac{4,83^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{4,83^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}}$$

$$= \frac{1}{1 + \frac{4,83}{1} + \frac{4,83^2}{2} + \frac{4,83^3}{6} + \frac{4,83^4}{24}}$$

$$= \frac{1}{1 + 4,83 + 11,66 + 18,77 + 22,67} = \frac{1}{58,93} = 0,017;$$

$$P_{\text{олм}} = \frac{1}{1 + \frac{19,46}{1} + \frac{19,46^2}{2} + \frac{19,46^3}{6} + \frac{19,46^4}{24}}$$

$$= \frac{1}{1 + 19,46 + 189,34 + 1228,2 + 143406} = \frac{1}{144844} = 0,000006.$$

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

$$P_{\text{отк}} = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot P_0 = P_{\text{отк.п}} = \frac{4,38^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} \cdot 0,017 = 22,67 \cdot 0,017 = 0,385;$$

$$P_{\text{отк.лм}} = \frac{19,46^4}{24} \cdot 0,000006 = 143406 \cdot 0,000006 = 0,86.$$

33. Определяем по формуле (16.30) вместимость межсменного компенсатора, с учетом пункта б и

$$\Omega_6 = \Omega_{\text{ку}} = 6\text{м}^3; \quad k_{\text{см}} = 1,5; \quad t_{\text{мкп}} = 0,21, \quad (\text{п.20});$$

$\gamma_6 = \gamma_k = 0,98$ – коэффициент заполнения компенсатора, (стр.17).

$$\Omega_{\text{км.п}} = \frac{m \cdot T_{\text{см}} \cdot k_{\text{см.м}} \cdot \Omega_6 \cdot P_{\text{отк.э}}}{\gamma_k \cdot t_{\text{мб}}} = \frac{2 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 6 \cdot 0,385}{0,98 \cdot 0,21} = \frac{47,54}{0,205} = 232\text{м}^3.$$

34. Определяем число резервных прицепов

$$n_{\text{рп}} = \frac{\Omega_{\text{км.п}}}{\Omega_{\text{ку}}} = \frac{232}{6} = 38.$$

35. Определяем по формуле (16.31) число комбайнов m_{a1} , обслуживаемых одним агрегатом ОП-15П, с учетом, что

$$W_a = 13,5\text{т/ч} – \text{производительность агрегата, (п.14);}$$

$$k_{\text{см.а}} = 2 – (\text{п.18});$$

$$k_{\text{см}} = 1,5$$

$$W_m = 1,765\text{га/ч} – (\text{п.5}).$$

$$m_{a1} = \frac{W_a \cdot k_{\text{см.а}}}{W_m \cdot u \cdot k_{\text{см.м}}} = \frac{13,5 \cdot 2}{1,765 \cdot 2 \cdot 1,5} = \frac{27}{5,3} = 5$$

36. Определяем по формуле (17.7) среднюю плотность потока λ_a транспортных средств, прибывающих с початками, с учетом формулы (17.5) и (п.21).

$$\lambda_a = \frac{m_{a1}}{t_{\text{ку}}} = \frac{5}{0,21} = 23,8 \text{ 1/ч.}$$

37. Определяем по формуле (16.33) интенсивность соответствующую одному требованию на послеуборочную обработку: $Q_{ГН} = 3,3Т$; $k_{Г} = 0,85$, (п.4).

$$\mu_a = \frac{1}{t_{на}} = \frac{W_a}{Q_{ГН} \cdot k_{Г}} = \frac{13,5}{3,3 \cdot 0,85} = 4,82 \text{ 1/ч.}$$

38. Определяем по формуле (16.34) вероятности $P_{отк.а}$ отказа в приеме транспортных средств с початками и $P_{оа}$ простоя агрегата для послеуборочной обработки

$$P_{отк.а} = \frac{\lambda_a}{\lambda_a + \mu_a} = \frac{23,8}{23,8 + 4,82} = \frac{23,8}{28,62} = 0,831;$$

$$P_{оа} = \frac{\mu_a}{\lambda_a + \mu_a} = \frac{4,82}{28,62} = 0,168.$$

39. Определяем по формуле (17.8) требуемую вместимость технологического компенсатора:

$$\begin{aligned} \Omega_{км} &= \frac{m_{а1} \cdot T_{см} \cdot k_{см} \cdot Q_{ГН} \cdot k_{Г}}{\gamma_{км} \cdot t_{ку} \cdot \rho} \cdot \left(\frac{\lambda_a}{\lambda_a + \mu_a} \right) = \frac{5 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 3,3 \cdot 0,85}{0,98 \cdot 0,21 \cdot 0,55} \cdot \left(\frac{23,8}{23,8 + 4,82} \right) \\ &= \frac{147,26}{0,113} \cdot 0,831 = 1303 \cdot 0,831 = 1083 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

40. Определяем по формуле (17.9) потребную площадь технологического компенсатора $F_{км}$, с учетом допустимой толщины $h_{км}$ слоя початков.

Принимаем $h_{км} = 1,5 \text{ м}$.

$$F_{км} = 1083 / 1,5 = 722 \text{ м}^2.$$

Отчет

Результаты расчетов и выводы представить в виде таблицы 17.7.

Таблица 17.7

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Кукурузоуборочный комбайн	КСКУ - 6
2	Пропускная способность в початках, $\Pi_{\text{ч}}$	До 4кг/с
3	Рабочая ширина захвата, B_p	4,2м
4	Скорость движения комбайна, V	2,5м/с
5	Коэффициент использования времени смены, τ	0,467
6	Урожайность в початках, u	2т/га
7	Транспортный агрегат	МТЗ-80+2ПТС-4-887
8	Номинальная грузоподъемность, $Q_{\text{гн}}$	3,3т
9	Объем кузова, $\Omega_{\text{куз}}$	6м ³
10	Коэффициент использования грузоподъемности, $k_{\text{г}}$	0,85
11	Агрегат для послеуборочной обработки початков	ОП-15П
12	Производительность кукурузоуборочного комбайна, W_m	1,765га/ч
13	Нормативное число комбайнов, $m_{\text{н}\Sigma}$	1,15
14	Целое число комбайнов для своей площади, m_{Σ}	1
15	Производительность транспортного агрегата, $W_{\text{пт}}$	5,53т/ч
16	Производительность транспортного агрегата, $W_{\text{п.лм}}$	2,03т/ч
17	Нормативное число транспортных средств, $n_{\text{н}\Sigma\text{п}}$	0,73
18	Общее число транспортных средств, $n_{\Sigma\text{п}}$	1
19	Нормативное число транспортных средств, $n_{\text{н}\Sigma.\text{лм}}$	2,65
20	Общее число транспортных средств, $n_{\Sigma.\text{лм}}$	3
21	Производительность ОП-15П	13,5т/ч
22	Нормативное число ОП-15П, $n_{\text{а}\text{н}\Sigma}$	0,22
23	Общее число ОП-15П, $n_{\text{а}\Sigma}$	1
24	Число комбайнов уборочно-транспортном звене, $m_{\text{зв.}}$	2
25	Число транспортных средств в звене, $n_{\text{п.зв}}$	2
26	Число транспортных средств в звене, $n_{\text{лм.зв}}$	5
27	Общее число ОП-15П, $n_{\text{а.зв}}$	1
28	Средняя продолжительность рейса транспортного средства, $t_{\text{пв.п.}}$	0,435ч
29	Средняя продолжительность рейса транспортного средства, $t_{\text{пв.лм}}$	0,646
30	Время заполнения кузова початками, $t_{\text{ку.п}}$	0,21ч
31	Время заполнения кузова початками, $t_{\text{ку.лм}}$	0,075ч
32	Средняя продолжительность обслуживания комбайном одного транспортного средства, $t_{\text{м.п}}$	0,276ч

Продолжение таблицы 17.7

33	Средняя продолжительность обслуживания комбайном одного транспортного средства, $t_{m.лм}$	0,141ч
34	Интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном, $\mu_{п}$	2,29 1/ч
35	Интенсивность обслуживания транспортных средств комбайном, $\mu_{лм}$	1,54 1/ч
36	Интенсивность прибытия каждого транспортного средства за початками к комбайну, $\lambda_{п}$	3,62 1/ч
37	Интенсивность прибытия каждого транспортного средства за листостебельной массой к комбайну, $\lambda_{лм}$	7,09 1/ч
38	Отношение $\alpha_{п} = \lambda_{п}/\mu_{п}$	1,58
39	Отношение $\alpha_{лм} = \lambda_{лм}/\mu_{лм}$	4,6
40	Вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства для початков, $P_{m0п}$	$P_{m01п} = 0,38$ $P_{m02п} = 0,12$
41	Вероятность простоя комбайна из-за отсутствия транспортного средства для листостебельной массы, $P_{m0лм}$	$P_{m01лм} = 0,18$ $P_{m02лм} = 0,019$ $P_{m03лм} = 0,0013$ $P_{m04лм} = 0,00007$ $P_{m05лм} = 0$
42	Среднее число простаивающих транспортных средств, $n_{0п}$	$n_{01п} = 0$ $n_{02п} = 0,57$
43	Среднее число простаивающих транспортных средств, $n_{0лм}$	$n_{01лм} = 0$ $n_{02лм} = 0,453$ $n_{03лм} = 1,792$ $n_{04лм} = 2,782$ $n_{05лм} = 3,78$
44	Критерий оптимальности, $\overline{C_{mnп}}$	$\overline{C_{mn1п}} = 1,083$ $\overline{C_{mn2п}} = 0,912$
45	Критерий оптимальности, $\overline{C_{mnлм}}$	$\overline{C_{mn1лм}} = 0,513$ $\overline{C_{mn2лм}} = 0,507$ $\overline{C_{mn3лм}} = 1,796$ $\overline{C_{mn4лм}} = 2,784$ $\overline{C_{mn5лм}} = 3,78$
46	Оптимальное число транспортных средств для всего уборочно-транспортного звена, n_{opt}	$n_{opt.п} = 4$ $n_{opt.лм} = 4$
47	Коэффициент простоя комбайна, k_m	$k_{m.п} = 0,06$ $k_{m.лм} = 0,0095$
48	Коэффициент простоя транспортных средств, k_n	$k_{n.п} = 0,285$ $k_{n.лм} = 0,4$

Продолжение таблицы 17.7

49	Плотность потока требований в виде порций зерна, соответствующих вместимости бункера, λ_1	$\lambda_{1.п} = 4,76$ 1/ч $\lambda_{1.лм} = 13,33$ 1/ч
50	Плотность суммарного потока требований на обслуживание от всех m комбайнов звена, λ	$\lambda_{п} = 9,52$ 1/ч $\lambda_{лм} = 26,26$ 1/ч
51	Интенсивность этих требований каждым транспортным средством, μ	$\mu_{п} = 1,97$ 1/ч $\mu_{п} = 1,37$ 1/ч
52	Отношение $\alpha = \lambda/\mu$	$\alpha_{п} = 4,83$ $\alpha_{лм} = 19,46$
53	Вероятность одновременного простоя всех транспортных средств из-за отсутствия заполнения прицепов, P_0	$P_{0п} = 0,017$ $P_{0лм} = 0,000006$
54	Вероятность отказа в обслуживании, $P_{отк}$	$P_{отк.п} = 0,385$ $P_{отк.лм} = 0$
55	Требуемая вместимость межсменного компенсатора, $\Omega_{км.п}$	$232м^3$
56	Число комбайнов обслуживаемых одним агрегатом ОП-15П, m_{a1}	5
57	Плотность потока транспортных средств, прибывающих с початками на пункт послеуборочной обработки, λ_a	23,8 1/ч
58	Интенсивность, соответствующую одному требованию на послеуборочную обработку, μ_a	4,82 1/ч
59	Вероятность отказа в приеме транспортных средств с початками, $P_{отк.a}$	0,831
60	Вероятность простоя агрегата для послеуборочной обработки зерна, P_{oa}	0,168
61	Вместимость технологического компенсатора на КЗС, $\Omega_{км}$	$1083м^3$
62	Потребная площадь технологического компенсатора, $F_{км}$	$722м^2$

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 КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО И НА СИЛОС

Методические указания
для выполнения практической работы № 17
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»
студентам инженерно-технологического института
по направлению подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 02.02.2022 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 2,49. Тираж 25 экз. Изд. № 7200.

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