

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра сельскохозяйственных машин

**В. И. Ходосевич, Г. А. Радишевский, А. В. Кузьмицкий**

## **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ**

*Учебно-методическое пособие*

*по выполнению курсового проекта студентами по специальностям:*

*1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного  
производства,*

*1-36 12 01 Проектирование и производство сельскохозяйственной техники*

Минск  
БГАТУ  
2010

УДК 631.3(07)  
ББК 40.72я7  
Х69

*Рекомендовано научно-методическим советом агрономического  
факультета БГАТУ.  
Протокол № 17 от 22 июня 2009 г.*

Рецензенты:  
зав лабораторией почвообработки и посева  
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
кандидат технических наук *И. М. Лабоцкий*;  
доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ,  
кандидат технических наук *В. Д. Лабодаев*

**Ходосевич, В. И.**  
Х69      Сельскохозяйственные машины: учебно-методическое пособие  
/ В. И. Ходосевич, Г. А. Радишевский, А. В. Кузьмицкий. – Минск:  
БГАТУ, 2010. – 60 с.  
ISBN 978-985-519-256-6.

УДК 631.3(07)  
ББК 40.72я7

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. Указания по выполнению курсового проекта .....	7
2. Анализ показателей технологического процесса зерноуборочного комбайна .....	9
3. Пропускная способность молотильного аппарата .....	12
4. Пропускная способность соломотряса и очистки .....	16
5. Параметры настройки мотовила в зависимости от состояния хлебостоя .....	23
6. Анализ работы режущего аппарата .....	29
7. Мощность, затрачиваемая комбайном на выполнение технологического процесса .....	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	56
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	57

## ВВЕДЕНИЕ

Претворение в жизнь Программы возрождения и развития села требует глубокого анализа состояния дел в сельском хозяйстве, обоснованного выбора направлений, обеспечивающих его динамичное социально-экономическое развитие на базе структурного реформирования, разработки новой технологической и технической основы производства.

Наиболее существенной особенностью технического обеспечения процессов сельскохозяйственного производства в настоящее время является дефицит материально-энергетических средств. Этот фактор, требующий неотложного реагирования агроинженерной науки и практики, вызывает необходимость поиска приоритетных направлений, освоения ресурсосберегающих технологий, создания и использования в агропромышленном комплексе новых конкурентоспособных машин с высокими техническими характеристиками.

Дальнейшее совершенствование и техническое переоснащение отрасли требует более качественной профессиональной подготовки инженерно-технических специалистов для села. Современный инженер-механик должен не только хорошо знать устройство и процесс работы машин и оборудования, но также обладать определенными технологическим и экономическим багажом и видением перспективы применения новой техники для снижения затрат ресурсов и себестоимости продукции.

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта предназначено для студентов агроинженерного факультета и учащихся колледжей инженерных специальностей. С его помощью студенты и учащиеся смогут обосновать в курсовом проекте технические и технологические параметры зерноуборочного комбайна, обеспечивающие повышение производительности труда, снижение себестоимости единицы продукции и снижение потерь. Для выполнения этих требований курсовой проект должен быть выполнен на базе использования прогрессивных энергосберегающих технологий и средств механизации, передовой организации производства и современных достижений науки и практики.

Цель курсового проекта – обоснование технологических параметров и определение производительности рабочих органов зерноуборочного комбайна в зависимости от условий работы.

Оформление учебно-методического пособия по выполнению курсового проекта выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105–95 [1].

# 1 УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект является самостоятельной работой студента и завершает изучение дисциплины «Сельскохозяйственные машины».

Учебно-методическое пособие предусматривает возможность выполнения курсового проекта по исходным данным по одной из 4 марок зерноуборочных комбайнов: «ДОН-1200», «ДОН-1500», КЗС-7(10) и «ЛИДА-1300».

Задачей курсового проекта является определение пропускной способности, рабочей скорости и производительности зерноуборочного комбайна, определение основных регулировочных параметров в зависимости от урожайности, состояния хлебной массы и условий работы.

Курсовая работа выполняется для конкретной марки комбайна в соответствии с заданием на курсовое проектирование (приложение А). Объем графической части проекта 2...3 листа формата А1 и 25–35 страниц печатного текста расчетно-пояснительной записки.

Структурная схема технологического процесса комбайна (структурно-технологическая модель) должна включать заданные и вычисленные конструктивные и регулировочные параметры рабочих органов (рисунок 1.1).

На технологической схеме комбайна необходимо обозначить в масштабе основные рабочие органы (рисунок 1.2).

Курсовой проект оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105–95 [1] и стандартом предприятия.

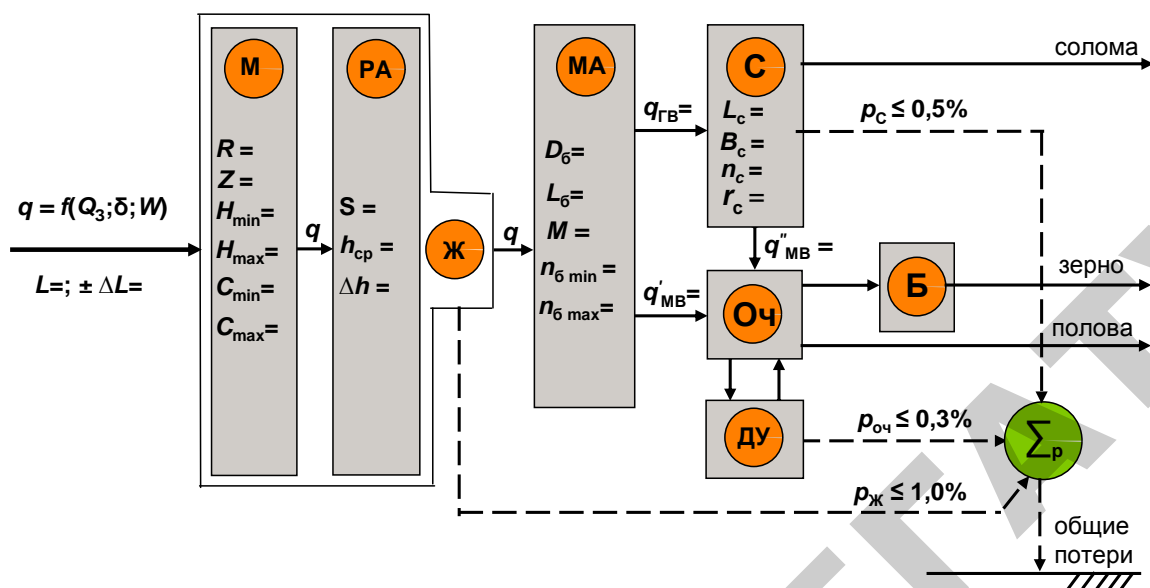


Рисунок 1.1 – Структурная схема технологического процесса работы зерноуборочного комбайна: М – мотовило; РА – режущий аппарат; Ж – жатка; МА – молотильный аппарат; С – соломотряс; Оч – очистка; ДУ – домолачивающее устройство; Б – зерновой бункер;  $\Sigma p$  – общие потери зерна

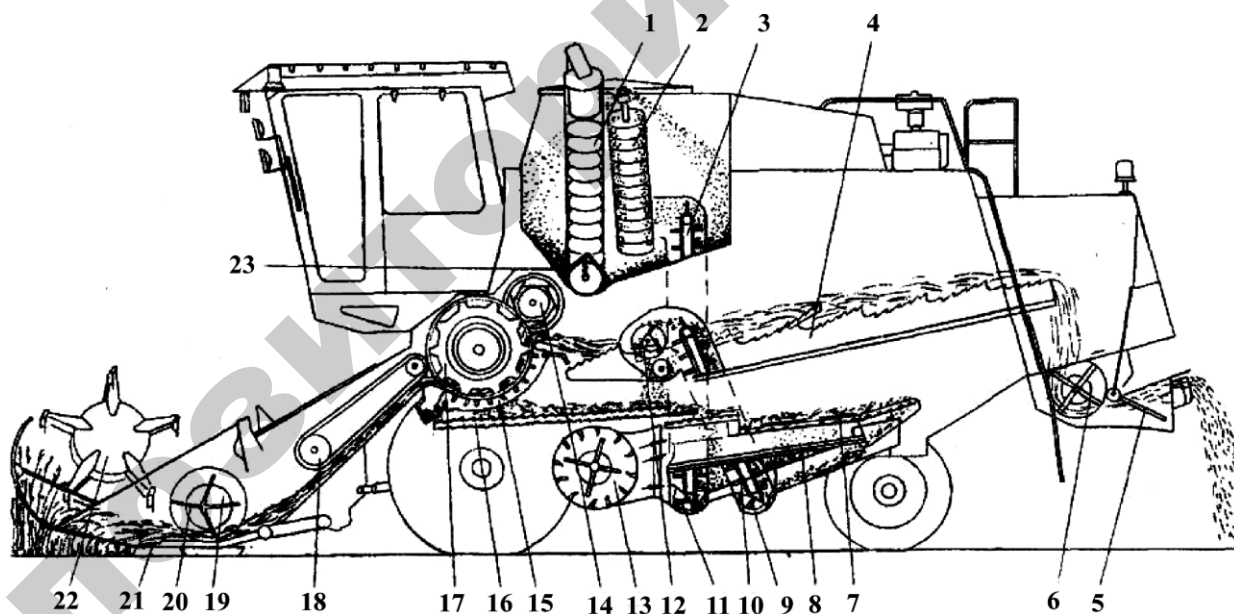


Рисунок 1.2 – Схема технологического процесса зерноуборочного комбайна КЗС-7: 1 – шнек поворотный выгрузной; 2 – шнек загрузной зерновой; 3 – элеватор зерновой; 4 – соломотряс; 5 – дефлектор; 6 – соломоизмельчитель; 7 – верхний решетный стан; 8 – нижний решетный стан; 9 – шнек колосовой; 10 – элеватор колосовой; 11 – шнек зерновой; 12 – домолачивающее устройство; 13 – вентилятор; 14 – отбойный битер; 15 – подбарабанье; 16 – стрясная доска; 17 – аппарат молотильный; 18 – транспортер наклонной камеры; 19 – шнек; 20 – пальчиковый механизм; 21 – режущий аппарат; 22 – мотовило; 23 – шнек горизонтальный

## 2 АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Хлебная масса с поля поступает на рабочие органы зерноуборочного комбайна, которые должны быть согласованы между собой по производительности. Однако изменение условий уборки (влажности, урожайности, соотношения зерна и соломы и др.) неодинаково влияет на производительность каждого рабочего органа (мотовила, режущего аппарата, молотильного аппарата, соломотряса, очистки и др.), поэтому их работу необходимо согласовать при соблюдении агротехнических требований.

Ежесекундно на рабочие органы жатки поступает хлебная масса  $q$  (секундная подача, кг/с), которая передается в молотильный аппарат (МА). За счет удара бичей барабана и протаскивания массы в зазор между барабаном и подбарабаньем происходит обмолот зерна и первый этап разделения хлебной массы на мелкий ворох  $q'_{\text{МВ}}$  (просеиваемый через решетку подбарабанья) и грубый ворох  $q'_{\text{ГВ}}$  (солома, полова и непросеянное через подбарабанье зерно). Грубый ворох поступает на очистку (Оч), а грубый – на соломотряс (С). Соломотряс выделяет из соломы (грубого вороха) мелкий ворох  $q''_{\text{МВ}}$  и направляет его на очистку (рисунок 1.1). На очистку поступает

$$q_{\text{МВ}} = q'_{\text{МВ}} + q''_{\text{МВ}} \quad (2.1)$$

На очистке из мелкого вороха выделяется зерно ( $q_3$ ), которое поступает в бункер. Чистота зерна поступающего в бункер с очистки согласно агро-требованиям должна быть не менее 95 %.

При выполнении технологического процесса часть зерна теряется. Суммарные потери

$$\sum p = p_{\text{ж}} + p_{\text{с}} + p_{\text{о}}, \quad (2.2)$$

где  $\sum p$  – суммарные потери при выполнении технологического процесса;

$p_{\text{ж}}$  – потери за жаткой ( $p_{\text{ж}} \leq 1 \%$ );

$p_{\text{с}}$  – потери за соломотрясом ( $p_{\text{с}} \leq 0,5 \%$ );

$p_o$  – потери за очисткой ( $p_o \leq 0,3 \%$ ).

Суммарные потери за комбайном не должны превышать согласно агротребованиям 1,5 %.

Структурно-технологическая схема рабочего процесса зерноуборочного комбайна выполняется с учетом основных параметров рабочих органов в соответствии с исходными данными и расчетами.

Основные параметры рабочих органов приводятся в расчетно-пояснительной записке и графической части курсового проекта.

Из рабочих органов зерноуборочного комбайна наиболее производительными являются мотовило и режущий аппарат, а пропускная способность (секундная подача) и, следовательно, производительность молотильного аппарата зависят от параметров и режимов работы соломотряса и очистки. Если один из этих рабочих органов будет перегружен, то технологический процесс комбайном не будет выполняться в соответствии с агротехническими показателями (рисунок 2.1).

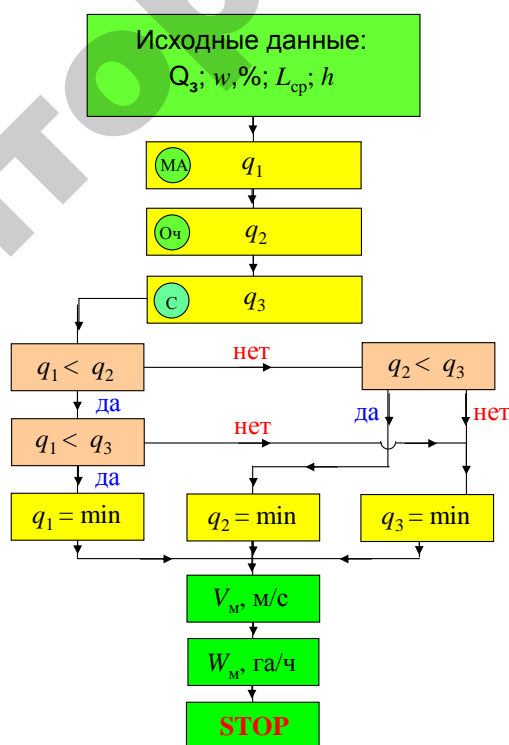


Рисунок 2.1 – Алгоритм расчета производительности зерноуборочного комбайна для заданных условий уборки



Целью анализа показателей выполнения технологического процесса комбайном является определение пропускной способности рабочих органов при допустимых потерях. Наименьшая  $[q]_{\text{ф min}}$  из них определяет рабочую скорость и производительность комбайна.

Алгоритм расчета рабочей скорости и производительности зерноуборочного комбайна приведен на рисунке 2.1.

### 3 ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ МОЛОТИЛЬНОГО АППАРАТА

Работа молотильного аппарата определяется пропускной способностью, условиями уборки, урожайностью и состоянием убираемой культуры.

При аттестации зерноуборочных комбайнов указывают номинальную пропускную способность молотилки  $q_n$ , соответствующую уборке прямостоящей пшеницы продовольственного или фуражного назначения со следующими показателями: влажность 15...18 %, масса 1000 зерен – не менее 40 г, длина срезанных стеблей 0,70...0,90 м, коэффициент соломистости хлебной массы  $\beta_0 = 0,60$  и засоренность не более 1%.

Номинальная пропускная способность  $q_n$  молотильного аппарата зерноуборочных комбайнов составляет для «ДОН-1200» – 6...7 кг/с, «ДОН-1500» – 8...10 кг/с, КЗС-7 – 7...8 кг/с, «ЛИДА-1300» – 7,5...8,4 кг/с.

Абсолютная влажность хлебной массы при уборке находится в пределах  $w = 14...26$  % (нормативная – 14...15 %, средняя – 16...17 %, высокая – 18...26 %). По высоте хлебостой подразделяют на нормальный ( $L_{cp} = 0,4...0,8$  м), короткостебельный ( $L_{cp} \leq 0,4$  м) и длинностебельный ( $L_{cp} \geq 0,8$  м).

Отношение незерновой части урожая к общему количеству хлебной массы оценивается коэффициентом соломистости

$$\beta = m_c / (m_3 + m_c), \quad (3.1)$$

где  $m_c$  — масса незерновой части срезанных стеблей;

$m_3$  — масса зерна.

Коэффициент соломистости  $\beta$  убираемых культур изменяется в широких пределах: больше для длинностебельных малоурожайных и меньше для короткостебельных высокоурожайных культур. Среднее значение  $\beta$  для пшеницы составляет 0,5–0,6; ржи – 0,65–0,75; ячменя и овса – 0,48–0,52.

Содержание зерна в хлебной массе оценивается коэффициентом

$$\delta = m_3 / (m_3 + m_c). \quad (3.2)$$

Коэффициенты между собой связаны зависимостью

$$\delta = 1 - \beta. \quad (3.3)$$

В условиях, отличных от номинальных, фактическая пропускная способность  $q_{\text{ф}}$  молотильного аппарата зависит от соотношения зерна и незерновой части хлебной массы. Характер изменения фактической подачи  $q_{\text{ф}}$  от величины  $\delta$  представлен на рисунке 3.1.

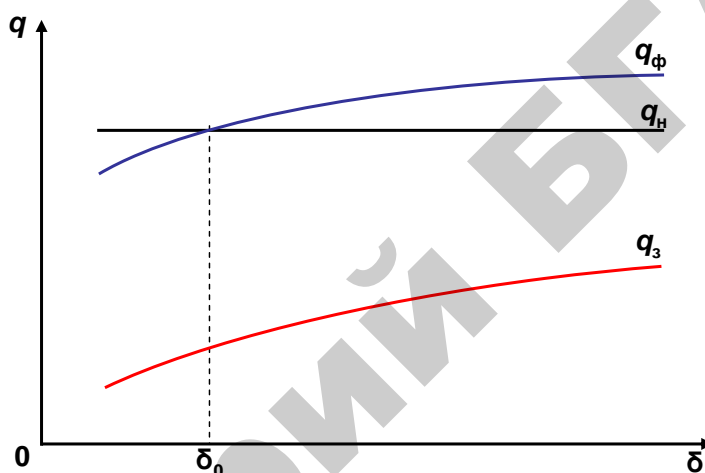


Рисунок 3.1 – Характер зависимости фактической подачи хлебной массы от содержания зерна

С увеличением содержания зерна в хлебной массе фактическая подача  $q_{\text{ф}}$  увеличивается, и наоборот. Когда  $\delta_0 = \delta$ , то  $q_{\text{н}}$  и  $q_{\text{ф}}$  равны. При  $\delta > \delta_0$  фактическая  $q_{\text{ф}}$  подача превышает номинальную.

Фактическая подача  $q_{\text{ф}}$  зависит также от вида, засоренности, влажности культуры и других показателей. Влияние указанных факторов учитывается коэффициентом  $\sigma$  использования номинальной пропускной способности.

С увеличением засоренности и влажности ( $w \geq 20\%$ ) хлебной массы его величина уменьшается. В зависимости от урожайности численное значение коэффициента  $\sigma$  изменяется от 0,25 до 1,5 (для пшеницы  $\sigma = 0,5$  при урожайности 19,0 ц/га,  $\sigma = 1,0$  – при 39,6 ц/га и  $\sigma = 1,5$  – при 79,2 ц/га). Чем больше масса 1000 зерен, тем выше значения  $\sigma$ .

Фактическая пропускная способность молотильного аппарата зависит от следующих входных параметров:

– убираемая культура;

– марка зерноуборочного комбайна;

$Q_3$  – урожайность зерна, ц/га;

$M^*$  – число бичей молотильного барабана, шт.;

$L_6^*$  – длина молотильного барабана, м;

$q_0$  – допустимая удельная нагрузка на единицу длины бича, кг/м·с;

$\beta$  – коэффициент соломистости хлебной массы;

$\beta_0$  – эталонное значение коэффициента соломистости (при проектировании молотилок зерноуборочных комбайнов и оценке их работы принимают  $\beta_0 = 0,60$ );

$\sigma$  – коэффициент использования пропускной способности комбайна;

$w$  – абсолютная влажность хлебной массы, %;

$\varepsilon$  – коэффициент сепарации зерна декой;

$\psi$  – коэффициент засоренности ( $\psi = m_m / m_b$  – отношение массы мякины к массе вороха, поступающего на очистку,  $\psi = 0,11 \dots 0,18$ );

\* – отмеченные звездочкой значения выбираются из технических характеристик зерноуборочных комбайнов (таблица 2).

Допустимая подача хлебной массы в молотильный аппарат при номинальной пропускной способности комбайна и эталонной соломистости

$$[q] = q_0 M L_6, \text{ кг/с.} \quad (3.4)$$

При влажности 14...20 % допустимая удельная нагрузка  $q_0$  на единицу длины бича барабана для комбайнов «ДОН», КЗС-7, «ЛИДА-1300» составляет 0,60...0,70 кг/м·с. Меньшие значения принимаются для длинностебельного хлебостоя, большие – для короткостебельного.

При выборе значения  $q_0$  необходимо учитывать урожайность, соломистость и влажность. Большие значения  $q_0$  следует принимать при меньших

значениях коэффициента  $\beta$  (большем содержании зерна  $\delta$  в хлебной массе) и абсолютной  $w$  влажности. При этом следует учитывать, что рожь и пшеница обмолачиваются легче, ячмень – более трудно.

Если при уборке в молотильный аппарат хлебная масса поступает с показателями, отличными от эталонных, то фактическая пропускная способность молотильного аппарата

$$[q_{\text{ма}}]_{\text{ф}} = [q] (1 - \psi) \sigma \beta / \beta_0, \text{ кг/с.} \quad (3.5)$$

Полученное расчетным путем значение фактической пропускной способности молотильного аппарата необходимо увязывать с пропускной способностью соломотряса и очистки и выбрать наименьшую из них.

## 4 ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ СОЛОМОТРЯСА И ОЧИСТКИ

Соломотряс предназначен для выделения зерна из поступающего на его грубого вороха, а система очистки – из мелкого вороха.

В комбайнах с классической схемой молотильно-сепарирующего устройства наиболее распространены клавишные соломотрясы. Они подбрасывают, вдушивают и растаскивают ворох, а также транспортируют солому к соломонабивателю или измельчителю.

Клавишные соломотрясы имеют четыре или пять клавиш. Корпус клавиши шарнирно соединен с двумя коленчатыми валами одинакового радиуса колен  $r_c$ . Валы и клавиши образуют четырехзвенный параллелограмный механизм. Каждая точка клавиши совершает плоскопараллельное движение по окружности радиуса  $r_c$ .

Система очистки зерноуборочного комбайна состоит из колеблющихся решет, расположенных на двух уровнях, и вентилятора, создающего воздушный поток для отделения мелких примесей от зерна.

Режим работы соломотряса оценивается показателем  $k$  кинематического режима. От этого показателя зависит дальность  $S$  транспортирования и скорость  $V_{cp}$  перемещения вороха вдоль клавиши. С повышением скорости толщина  $[h_c]$  слоя соломы и время пребывания ее на соломотрясе уменьшаются. При уменьшении толщины слоя соломы на соломотрясе сепарация повышается.

Работа соломотряса и системы очистки определяется следующими параметрами:

$Q_z$  – урожайность зерна, ц/га;

$\beta$  – коэффициент соломистости хлебной массы;

$n_c$  – частота вращения коленчатого вала соломотряса, мин<sup>-1</sup>;

$r_c$  – радиус коленчатого вала соломотряса, м;

$m$  – показатель степени;

$L_c^*$  – длина соломотряса, м;

$B_c^*$  – общая ширина соломотряса, м;

$F_p^*$  – площадь сепарирующей поверхности решет очистки, м<sup>2</sup>;

$B^*$  – ширина захвата жатки, м;

$\alpha$  – угол наклона клавиши к горизонту, град;

$q_{оч}$  – допускаемая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> сепарирующей поверхности решета, кг/с·м<sup>2</sup>;

$p_c$  – допустимые потери за соломотрясом;

$\gamma$  – объемная масса соломы, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_0$  – номинальное значение коэффициента сепарации, равное 1,8 м<sup>-1</sup> при толщине слоя соломы  $h_{oc}$ ;

$k_0$  – коэффициент, характеризующий работу молотильного устройства и соломотряса в зависимости от влажности;

\* – значения отмеченные звездочкой выбираются из технической характеристик зерноуборочных комбайнов (приложение Б).

Для определения фактической загрузки молотильного аппарата в зависимости от параметров соломотряса при допустимом коэффициенте потерь необходимо определить следующее.

4.1 Угловую частоту вращения  $\omega$  коленчатого вала соломотряса

$$\omega = (\pi n_c) / 30, \text{ с}^{-1}, \quad (4.1)$$

где  $n_c$  – частота вращения коленчатого вала соломотряса, мин<sup>-1</sup>.

4.2 Кинематический  $k$  режим работы соломотряса

$$k = (\omega^2 r_c) / g, \quad (4.2)$$

где  $r_c$  – радиус коленчатого вала соломотряса, м.

4.3 Коэффициент  $C$ , учитывающий запаздывание подбрасывания соломы,

$$C = 0,5 (1 + k). \quad (4.3)$$

#### 4.4 Угол отрыва (подбрасывания) соломы от клавиши

$$\omega t_0 = \arcsin[(C \cos \alpha) / k], \quad (4.4)$$

где  $\alpha$  – угол наклона клавиши к горизонту, град.

4.5 Тракторию полета соломы после отрыва от клавиши в координатах  $xAy$  с началом координат в точке  $A$  (рисунок 4.1):

– время одного поворота коленчатого вала соломотряса

$$t = 2\pi / \omega, \text{ с}; \quad (4.5)$$

– выбрать промежуток времени  $\Delta t$  для расчета координат  $x$  и  $y$  траектории полета соломы над клавишей соломотряса (принимают  $\Delta t = 0,03 \dots 0,05$  с);

– рассчитать промежуточные координаты траектории полета соломы

$$\begin{aligned} x_i &= \omega r_c (\sin \omega t_0) t_i - (g t_i^2 \sin \alpha) / 2; \\ y_i &= \omega r_c (\cos \omega t_0) t_i - (g t_i^2 \cos \alpha) / 2. \end{aligned} \quad (4.6)$$

Расчеты представить в табличной форме (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Параметры траектории движения соломы по соломотрясу

Параметры	$t_1 = \Delta t$	$t_2 = 2\Delta t$	$t_3 = 3\Delta t$	$t_4 = 4\Delta t$	$t_5 = 5\Delta t$	$t_6 = 6\Delta t$	$t_7 = 7\Delta t$
	сек						
	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21
$\omega r_c (\sin \omega t_0) t_i$							
$(g t_i^2 / 2) / \sin \alpha$							
$x_i$							
$\omega r_c (\cos \omega t_0) t_i$							
$(g t_i^2 / 2) / \cos \alpha$							
$y_i$							
$\varphi_i = \omega t_i$							

4.6 Тракторию перемещения соломы по координатам  $x$  и  $y$  и положение клавиши при повороте на угол  $\varphi_i$ .

Для определения перемещения соломы по соломотрясу:



- вычертить окружность радиусом  $r_c$  колена вала соломотряса;
- через ось  $O$  вращения коленчатого вала под углом  $\alpha$  (угол наклона клавиши к горизонту) провести ось  $Ox_1$  и от нее отложить угол  $\omega t_0$  отрыва соломки от клавиши и отметить точку  $A$ ;
- начало координат расположить в точке  $A$  (ось  $x$  направить параллельно положению клавиши, а ось  $y$  – перпендикулярно к ней);
- отложить от  $OA$  углы  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  и т.д. в соответствии с результатами расчетов (таблица 4.1) и обозначить точки  $1', 2', 3'$  и т.д.;
- по координатам  $x_i$  и  $y_i$  построить траекторию перемещения частицы соломки.

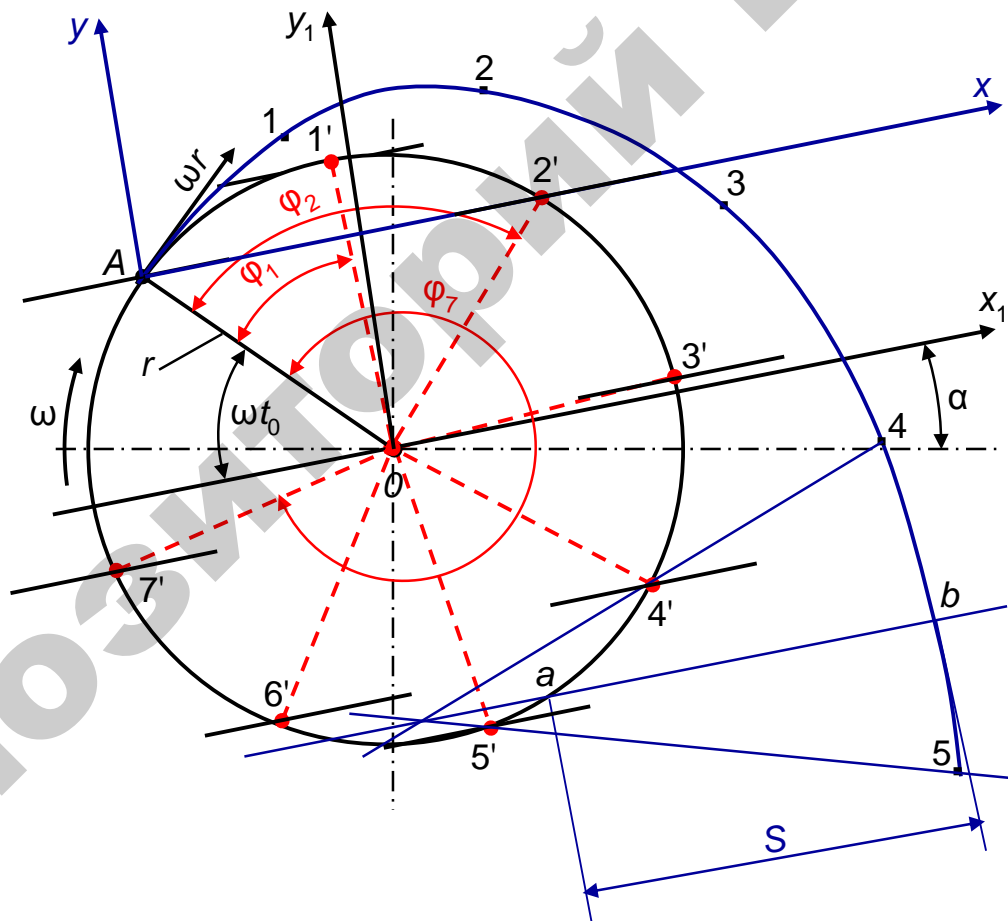


Рисунок 4.1 – Схема к определению перемещения соломки по соломотрясу

Клавиша совершает плоскопараллельное движение, а колено вала – круговое и последовательно будет занимать положения  $1', 2', 3'$  и т.д. В эти моменты времени солома, находясь в полете, будет находиться соответ-

ственно в точках 1, 2, 3 и т.д.

Для определения положения клавиши в момент падения соломы на клавишу необходимо провести интерполяцию. С этой целью (рисунок 4.1) необходимо провести линии через точки 4; 4' и 5; 5' до их пересечения и через эту точку провести линию, параллельную клавише (под углом  $\alpha$  к горизонту).

Расстояние между точками  $a$  и  $b$  есть перемещение соломы за одно подбрасывание.

Средняя скорость соломы за одно подбрасывание

$$V_{cp} = (S n_c) / 60, \text{ м/с.} \quad (4.7)$$

4.7 значение коэффициента  $\mu$  сепарации, при котором произойдет полное выделение оставшегося в соломе зерна,

$$\mu = (1 / L_c) \ln[10^2(1 - \varepsilon) / p_c], \quad (4.8)$$

где  $L_c$  – длина соломотряса (см. техническую характеристику), м;

$\varepsilon$  – коэффициент сепарации зерна декой молотильного аппарата;

$p_c$  – допустимые потери за соломотрясом (не более 0,5 %).

Коэффициент сепарации зерна декой  $\varepsilon$  обычно находится в пределах: для комбайнов «ДОН», КЗС-7 – 0,85...0,95, «ЛИДА-1300» – 0,88...0,95.

4.8 Максимально допустимую толщину  $[h_c]$  слоя соломы, при которой обеспечивается сепарация зерна соломотрясом при допустимых потерях,

$$[h_c] = h_{oc} \sqrt{\mu_0 / \mu}, \text{ м,} \quad (4.9)$$

где  $h_{oc}$  – номинальная толщина слоя соломы, при которой определяется значение  $\mu_0$ , м ( $h_{oc} = 0,2$  м);

$\mu_0$  – номинальное значение коэффициента сепарации, равное  $1,8 \text{ м}^{-1}$  при

толщине слоя соломы  $h_{oc}$ ;

$m$  – показатель степени ( $m = 0,8 \dots 1,2$ ).

Большие значения  $m$  относятся к легким условиям. При увеличении коэффициента  $\beta$  соломистости и абсолютной  $w$  влажности показатель должен быть уменьшен, и наоборот.

#### 4.9 Пропускная способность соломотряса и очистки:

– пропускная способность  $[q_{гв}]_{max}$  соломотряса по грубому вороху при максимально допустимой толщине слоя соломы

$$[q_{гв}]_{max} = B_c V_{cp} \gamma [h_c], \text{ кг/с}, \quad (4.10)$$

где  $B_c$  – общая ширина соломотряса, м;

$\gamma$  – объемная масса соломы,  $\text{кг/м}^3$  ( $\gamma = 10 \dots 20 \text{ кг/м}^3$  в зависимости от влажности и вида убираемой культуры);

– пропускная способность  $[q_c]_{ф}$  комбайна по соломотрясу (максимально допустимая подача хлебной массы в молотилку по технологическим возможностям соломотряса)

$$[q_c]_{ф} = [q_{гв}]_{max} / \beta = \{B_c V_{cp} \gamma [h_c]\} / \beta, \text{ кг/с}; \quad (4.11)$$

– допустимая максимальная загрузка  $[q_{мв}]_{max}$  очистки по мелкому вороху, обеспечивающая процесс выделения зерна с учетом агротехнических требований

$$[q_{мв}]_{max} = q_{оч} F_p, \text{ кг/с}, \quad (4.12)$$

где  $F_p$  – площадь сепарирующей поверхности решет очистки,  $\text{м}^2$ ;

$q_{оч}$  – допускаемая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  сепарирующей поверхности решета,  $\text{кг/с} \cdot \text{м}^2$  ( $q_{оч} = 1,5 \dots 2,5 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$ , меньшие значения относятся к уборке хлебов высокой влажности, большие – низкой влажности);

– допустимая пропускная  $[q_{оч}]_{ф}$  способность комбайна по очистке грубого и мелкого вороха (максимально допустимая подача хлебной массы в молотилку с учетом пропускной способности очистки)

$$[q_{оч}]_ф = \{[q_{мв}]_{max} - [q_{гв}]_{max} (1 - \varepsilon k_0)\} / [(1 - \beta k_0) \varepsilon], \text{ кг/с}, \quad (4.13)$$

где  $k_0$  – коэффициент, характеризующий работу молотильного устройства и соломотряса в зависимости от влажности (при влажности  $w = 14\%$   $k_0=1$ , выше  $w = 15\%$   $k_0 = 0,8 \dots 0,9$ );

– сравнить фактическую пропускную способность комбайна по молотильному аппарату  $[q_{ма}]_ф$ , соломотрясу  $[q_c]_ф$  и очистке  $[q_{оч}]_ф$  и выбрать из них меньшее значение, приняв как  $[q]_ф \min$ ;

– по выбранной фактической минимальной пропускной способности комбайна определить рабочую скорость машины с учетом предварительно выбранной ширины  $B$  захвата жатки

$$V_m = \{[q]_ф \min (1 - \beta)\} / (0,01 B Q_3), \text{ м/с}, \quad (4.14)$$

где  $Q_3$  – урожайность зерна, ц/га;

$B$  – ширина захвата жатки, м.

Ширина захвата жатки выбирается исходя из комплектации комбайна жатками, обеспечивая максимальную производительность с учетом допустимой агротехническими требованиями скорости движения комбайна ( $V_{м доп} = 0,8 \dots 2,2$  м/с).

#### 4.10 Производительность комбайна за 1 час рабочего времени

$$W_0 = 0,36 B V_m, \text{ га/ч}. \quad (4.15)$$

## 5 ПАРАМЕТРЫ НАСТРОЙКИ МОТОВИЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ ХЛЕБОСТОЯ

Мотовило предназначено для подвода стеблей к режущему аппарату, удержания их в период среза и подачи к транспортирующим устройствам жатки.

Качество работы мотовила зависит от радиуса  $R$ , высоты  $H$  расположения оси мотовила над режущим аппаратом, выноса  $C'$  оси по отношению к режущему аппарату и показателя кинематического режима  $\lambda$ .

Среднее значение показателя  $\lambda_{\text{ср}}$  кинематического режима определяется отношением окружной скорости планки мотовила к поступательной скорости машины

$$\lambda_{\text{ср}} = \omega_{\text{м}} R / V_{\text{м}}. \quad (5.1)$$

Для определения параметров мотовила необходимо определить следующее.

### 5.1 Показатель кинематического режима

$$\lambda_{\text{ср}} = [1,6 R(1 + l_{\text{ср}})] / 1,6 R [(1 + l_{\text{ср}}) - l_{\text{ср}}^2], \quad (5.2)$$

где  $l_{\text{ср}}$  – длина срезаемой части стебля, м;

$R$  – радиус мотовила, м (см. техническую характеристику комбайна).

Длина срезаемой части стебля

$$l_{\text{ср}} = L_{\text{ср}} - h_{\text{ср}}, \text{ м}, \quad (5.3)$$

где  $L_{\text{ср}}$  – высота хлебостоя, м;

$h_{\text{ср}}$  – высота среза, м.

5.2 Значение показателя кинематического режима в зависимости от предельных значений длин срезаемой части

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{max}} &= [1,6 R(1 + l_{\text{ср max}})] / 1,6 R [(1 + l_{\text{ср max}}) - l_{\text{ср max}}^2]; \\ \lambda_{\text{min}} &= [1,6 R(1 + l_{\text{ср min}})] / 1,6 R [(1 + l_{\text{ср min}}) - l_{\text{ср min}}^2], \end{aligned} \quad (5.4)$$

где  $l_{\text{ср max}}$  – максимальная длина срезаемой части стебля, м;

$l_{\text{ср min}}$  – минимальная длина срезаемой части стебля, м.

Максимальная и минимальная длина срезаемой части стебля

$$\begin{aligned}l_{\text{ср max}} &= L_{\text{max}} - h_{\text{min}}, \text{ м}; \\l_{\text{ср min}} &= L_{\text{min}} - h_{\text{max}}, \text{ м},\end{aligned}\tag{5.5}$$

где  $L_{\text{max}}, L_{\text{min}}$  – соответственно максимальная и минимальная высота стеблестоя, м;

$h_{\text{max}}, h_{\text{min}}$  – соответственно максимальная и минимальная высота среза хлебостоя, м.

В расчетах принять  $L_{\text{max,min}} = L_{\text{ср}} \pm (0,2 \dots 0,3) \text{ м}$ ,  $h_{\text{max, min}} = h_{\text{ср}} \pm 0,05 \text{ м}$  или с учетом значений приведенных в исходных данных

$$\begin{aligned}L_{\text{max}} &= L_{\text{ср}} + \Delta L_{\text{ср}}, \text{ м}; & L_{\text{min}} &= L_{\text{ср}} - \Delta L_{\text{ср}}, \text{ м}, \\h_{\text{max}} &= h_{\text{ср}} + \Delta h_{\text{ср}}, \text{ м}; & h_{\text{min}} &= h_{\text{ср}} - \Delta h_{\text{ср}}, \text{ м}.\end{aligned}\tag{5.6}$$

5.3 Максимально допустимое значение показателя кинематического режима из условия не вымолота зерна из колоса планкой мотовила в момент взаимодействия ее с колосом и сравнить предельно допустимое значение показателя кинематического режима  $\lambda_{\text{пр}}$  при принятой скорости комбайна со значением  $\lambda_{\text{max}}$ , рассчитанным по выражению (5.4).

$$\lambda_{\text{пр}} = \sqrt{(V_y / V_m)^2 + 1},\tag{5.7}$$

где  $V_y$  – допустимая скорость удара планки мотовила, м/с;

$V_m$  – скорость машины (см 4.16), м/с.

Потери зерна  $p_m$  от вымолота планками мотовила не должны превышать 0,2 %, а допустимая скорость удара  $V_y$  в зависимости от абсолютной влажности  $w$  зерна для различных культур может быть определена из графика рисунка 5.1.

Для дальнейших расчетов принять наименьшее значение.

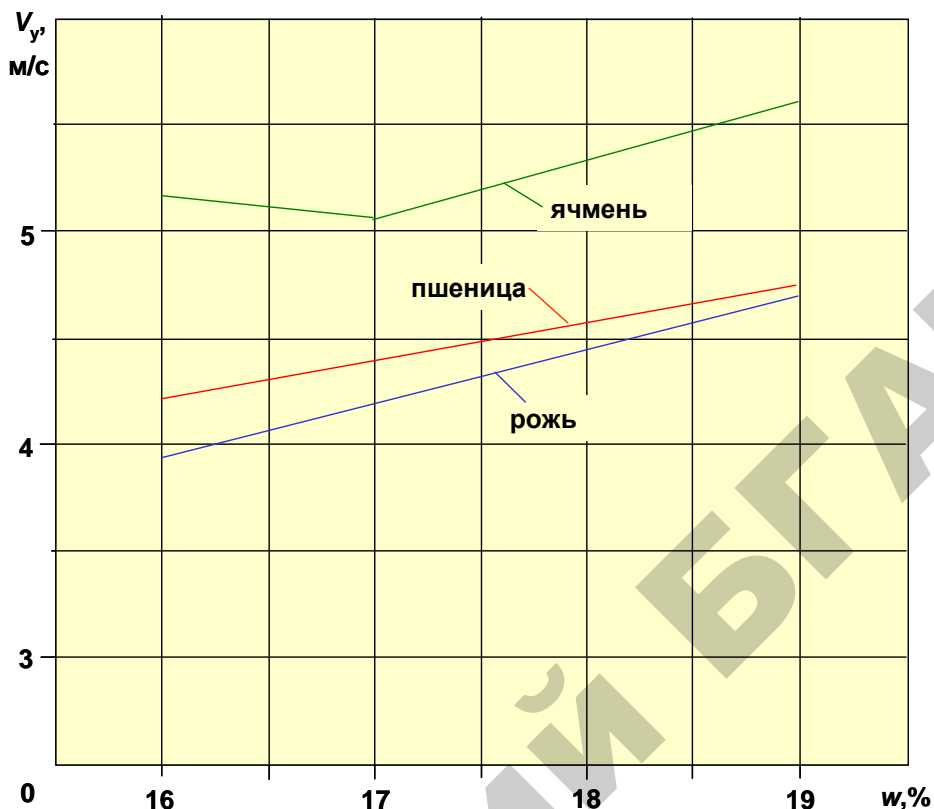


Рисунок 5.1 – Значение допустимой скорости удара планки мотовила по зерну от влажности

5.4 Пределы варьирования частоты вращения вала мотовила с учетом значений показателя кинематического режима  $\lambda_{\min}$  и  $\lambda_{\max}$

$$n_{M \min} = (30\lambda_{\min} V_M) / \pi R, \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{M \max} = (30\lambda_{\max} V_M) / \pi R, \text{ мин}^{-1}. \quad (5.8)$$

Сравнить полученные значения  $n_{M \min}$  и  $n_{M \max}$  с техническими параметрами привода мотовила и сделать вывод о возможности обеспечения пределов частоты вращения мотовила при принятой скорости  $V_M$  движения комбайна.

5.5 Высоту установки оси мотовила над режущим аппаратом.

Средняя высота установки оси мотовила

$$H_{\text{ср}} = L_{\text{ср}} - h_{\text{ср}} + R / \lambda_{\text{ср}}, \text{ м}. \quad (5.9)$$

Учитывая, что высота установки оси мотовила зависит от высоты стеблестоя, минимальный и максимальный пределы относительно режущего аппарата равны:

$$\begin{aligned}H_{\min} &= L_{\min} - h_{\max} + R / \lambda_{\max}, \text{ м}, \\H_{\max} &= L_{\max} - h_{\min} + R / \lambda_{\min}, \text{ м}.\end{aligned}\quad (5.10)$$

5.6 Максимальную высоту установки мотовила над режущим аппаратом, определенную по формуле (5.10), проверить на соответствие условия воздействия планки мотовила на срезанные части стеблей выше центра тяжести, но ниже колоса

$$H_{\max} \geq R + k'(L_{\max} - h_{\min}), \text{ м}, \quad (5.11)$$

где  $k' = 2/3$  длины срезаемой части стеблей от режущего аппарата – для прямостоящего нормального и высокого хлебостоя и  $k' = 1/2$  – для короткостебельного хлебостоя.

5.7 Минимальную высоту установки оси мотовила проверить на обеспечение минимально допустимого зазора между планкой мотовила и режущим аппаратом

$$H_{\min} > R + (0,10...0,15), \text{ м}.\quad (5.12)$$

Величина перемещения оси мотовила над режущим аппаратом по вертикали, которую должен обеспечить механизм

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min}, \text{ м}.\quad (5.13)$$

Сравнить полученные параметры установки мотовила с технической возможностью жатки и дать заключение.

5.8 Построить траекторию перемещения конца планки мотовила для показателей  $L_{\text{ср}}$ ,  $h_{\text{ср}}$  и  $\lambda_{\text{ср}}$  (рисунок 5.2). Для этого:



- в выбранном масштабе вычертить окружность с радиусом  $R$  мотвила и разделить ее на 12 равных частей и обозначив точки 1, 2, 3 ...12;
- определить путь, пройденный комбайном за время одного оборота мотвила:

$$S_0 = (2\pi R) / \lambda_{\text{ср}}, \text{ м}; \quad (5.14)$$

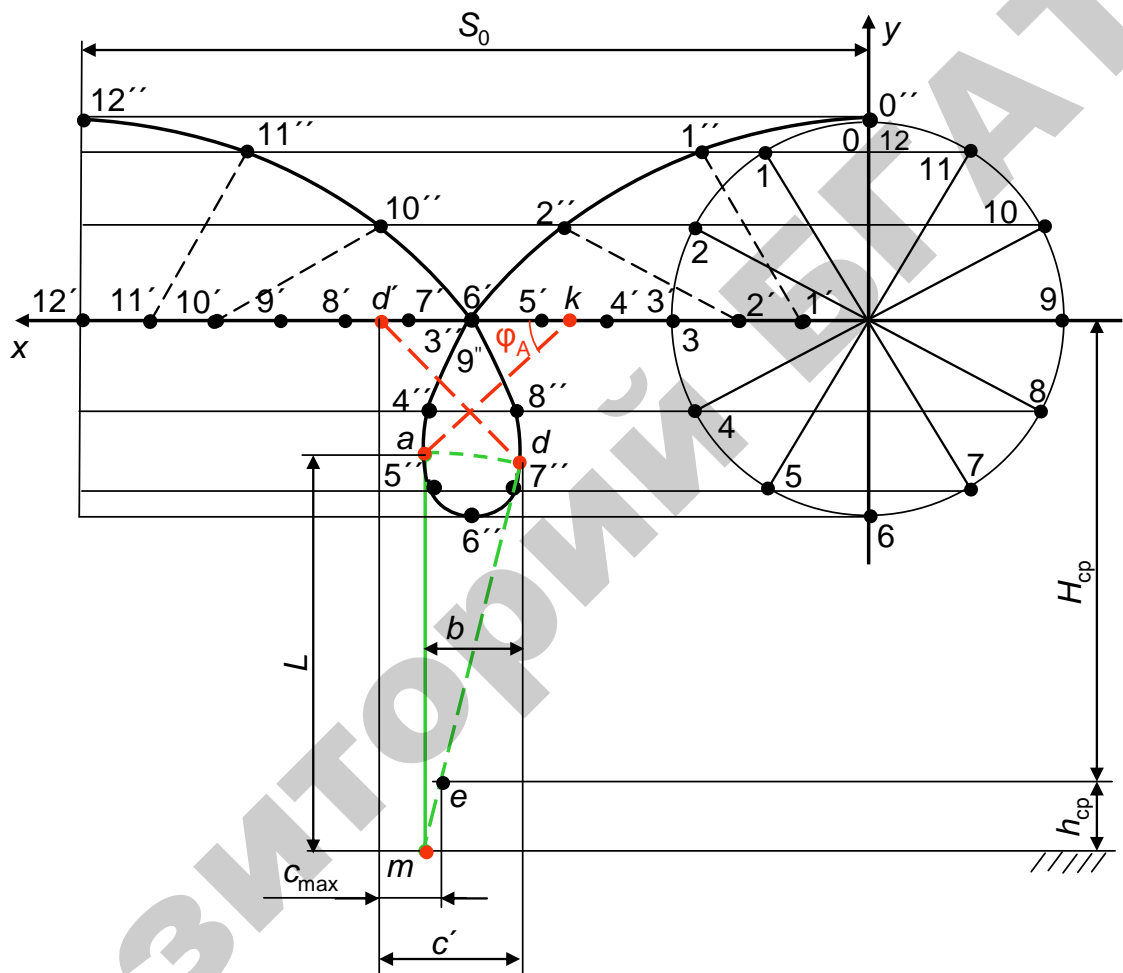


Рисунок 5.2 – Схема для определения показателей работы мотвила

- разделить  $S_0$  на 12 равных частей и обозначить точки 1', 2', 3'...12';
- из точек 0, 1, 2, 3 ...12' провести прямые линии параллельно направлению движения оси мотвила, а из точек 0, 1', 2', 3'...12' радиусом  $R$  сделать засечки на соответствующих прямых, проведенных через точки 0, 1, 2, 3 ...12;
- полученные методом засечек точки 0, 1'', 2'', 3''...12'' соединить плавной кривой, которая и будет представлять траекторию (трохоиду) перемещения планки мотвила.

5.9 Графически определить теоретическую ширину  $b$  полосы стеблей, срезаемых под воздействием планки и вынос  $C'$  оси мотвила относительно режущего аппарата. Для этого необходимо:

- провести линию, представляющую поверхность поля, на расстоянии  $H_{cp} + h_{cp}$  от линии перемещения оси мотвила;
- определить положение стебля в момент входа планки мотвила в хлебостой, для чего провести касательную к петле трохойды, обозначить точку  $m$  и от нее отложить величину  $ma$ , равную длине стебля  $L_{cp}$ ;
- из точки  $m$  радиусом, равным  $L_{cp}$ , провести дугу до пересечения со второй ветвью петли трохойды в точке  $d$ , которая соответствует выходу планки из стеблестоя.

На полученной схеме определить и обозначить следующие значения:

- теоретическую ширину  $b$  полосы стеблей, срезаемых при воздействии планки (рисунок 5.2);
- максимальный вынос оси мотвила по горизонтали  $C_{max}$  относительно режущего аппарата, для чего из точки  $d$  радиусом  $R$  выполнить засечку на линии движения оси мотвила (точка  $d'$ ) и замерить расстояние по горизонтали между точками  $d'$  и  $e$  (точка  $e$  – положение режущего аппарата в момент выхода планки из стеблестоя в точке  $d$ );
- расстояние  $C'$  равно проекции отрезка  $dd'$  (радиуса  $R$  мотвила) на горизонталь.

5.10 Коэффициент воздействия мотвила на стеблестой:

- коэффициент воздействия мотвила на стеблестой, исходя из ширины  $b$  полосы стеблей, срезаемых под воздействием планки, равен:

$$\eta = b_d / S_z, \quad (5.15)$$

где  $S_z$  – шаг мотвила;

$b_d = b\varepsilon'$  – ширина полосы стеблей, срезаемых под воздействием планки, с учетом взаимодействия между стеблями;

$\varepsilon' = 1,0 \dots 1,7$  – коэффициент, учитывающий взаимодействие стеблей в за-

висимости от густоты и высоты стеблестоя, жесткости стеблей и глубины погружения планки в стеблестой. На густом длинном стеблестое значение коэффициента  $\varepsilon'$  принимать большим, на редком и коротком – меньше.

Шаг мотовила

$$S_z = (2 \pi R) / z \lambda_{cp}. \quad (5.16)$$

Коэффициент воздействия мотовила на стеблестой с учетом выноса оси мотовила ( $C'$ )

$$\eta = [(\varepsilon' z) / (2 \pi)] [\arcsin(1/\lambda_{cp}) + \sqrt{\lambda_{cp}^2 - 1} - \pi / 2 + (\lambda_{cp} C')/R - \arcsin(C'/R)]. \quad (5.17)$$

Анализируя выражение (5.17), следует сделать вывод, что  $\eta$  зависит как от конструктивных ( $z, R$ ), так и от регулируемого параметра  $C'$ . При увеличении выноса оси мотовила вперед коэффициент  $\eta$  увеличивается до определенного значения, определяемого расстоянием  $C'$ .

Коэффициент воздействия мотовила на стеблестой из условия максимального выноса оси мотовила:

– исследуя зависимость (5.17) на экстремум, получим

$$C' = R \sqrt{1 - (1 / \lambda_{cp}^2)}; \quad (5.18)$$

– подставив  $C'_{max}$  в выражение (5.17), получим аналитическое выражение определения  $\eta$  при максимальном выносе оси мотовила

$$\eta = [(\varepsilon' z) / (2 \pi)] [\arcsin(1 / \lambda_{cp}) + 2\sqrt{\lambda_{cp}^2 - 1} - \pi / 2 - \arcsin \sqrt{1 - (1 / \lambda_{cp}^2)}]. \quad (5.19)$$

– коэффициент воздействия мотовила на стеблестой  $C' = 0$ :

$$\eta = [(\varepsilon' z) / (2 \pi)] [\arcsin(1 / \lambda_{cp}) + \sqrt{\lambda_{cp}^2 - 1} - \pi / 2]. \quad (5.20)$$

Оцените влияние выноса оси мотовила на величину коэффициента воздействия планки мотовила на стеблестой.

## 6 АНАЛИЗ РАБОТЫ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА

Цель анализа – изучить процесс резания стеблей режущими аппаратами с различными типами механизмов привода. Для этого необходимо:

а) установить закономерности изменения скорости перемещения сегмента режущего аппарата;

б) определить рабочие скорости резания хлебной массы лезвием сегмента и сравнить с допустимой;

в) построить графики траекторий перемещения сегментов режущих аппаратов и графики пробега активной части лезвия;

г) построить диаграммы высоты стерни для стеблей, расположенных:  
– по линии  $m - m$  – у кромки противорежущей пластины пальца (рисунок 6.4);

– по линии  $m_1 - m_1$ , смещенной относительно этой кромки на некоторое расстояние (рисунок 6.5).

Современные зерноуборочные комбайны снабжены однопробежными режущими аппаратами нормального резания с одинарным ходом ножа, у которых шаг сегментов  $t$  и шаг пальцев  $t_0$  равны между собой, т. е.  $t = t_0 = 76,2$  мм. При этом ход  $S$  ножа равен

$$S = k t = k t_0, \quad (6.1)$$

где  $k = 1$  – для комбайнов типа СК-5А «НИВА»;

$k = 1,115$  – для комбайнов КЗС-7 и «ЛИДА-1300»;

$k = 1,155$  – для комбайнов «ДОН-1200» и «ДОН-1500».

Параметры сегментов и противорежущей части (пластины) пальца режущего аппарата приведены в таблице 6.1.

Для комбайнов «ДОН» активная кромка лезвия сегмента

$$h = b - (f + m), \quad (6.2)$$

где  $m$  – неактивная часть кромки лезвия сегмента.

Таблица 6.1 – Размерные характеристики сегментов и противорежущей части (пластины) пальца режущего аппарата

Марка комбайна	Размеры, мм								
	$t$	$l$	$b$	$f$	$b_2$	$b_1$	$h$	$\underline{S}$	$m$
СК-5М	76	16	75	21	22	22	57	76	0
«ДОН-1500», «ДОН-1200»	76	8	80	16	20	38	52	88	15
КЗС-7, «ЛИДА-1300»	76	15	80	32	18	22	52	85	0

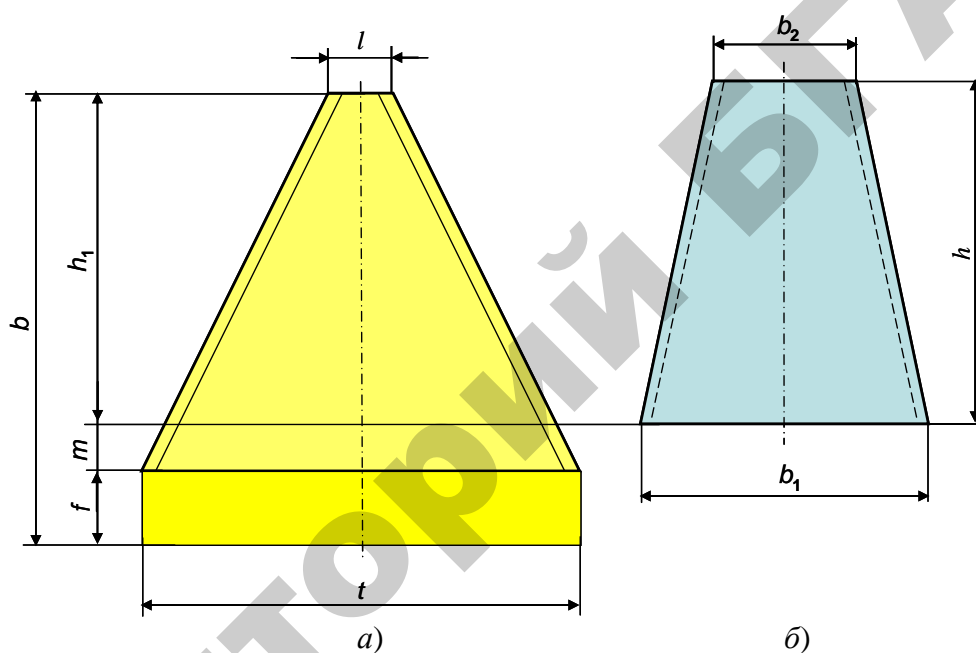


Рисунок 6.1 – Детали режущей пары:  
а – сегмент; б – противорежущая пластина пальца

На комбайнах установлены различные по конструкции механизмы привода ножа:

- СК-5А «НИВА» – кривошипно-шатунный;
- «ДОН-1200» и «ДОН-1500» – механизм качающейся шайбы;
- КЗС-7 и «ЛИДА-1300» – механизм Шумахера.

Каждый из этих механизмов привода имеет отличительные особенности в закономерности скорости перемещения ножа.

Исходные данные:

- размеры сегмента и противорежущей пластины пальца;

- шаг сегментов  $t$ , шаг пальцев  $t_0$  и ход  $S$  ножа;
- рабочая скорость машины  $V_m$ , м/с, определенная из условия обеспечения максимальной загрузки рабочих органов;
- частота вращения вала кривошипа  $n_H$ , частота вращения или колебаний вала соответствующего механизма привода ножа (приложение В);
- закономерность изменения скорости движения ножа.

6.1 Режущий аппарат с использованием кривошипно-шатунного механизма (КШМ) привода (СК-5А «НИВА»).

Для этого типа привода ножа  $k = 1$ . Тогда:

- ход ножа

$$S = t = t_0 = 76,2 \text{ мм.} \quad (6.3)$$

- скорость перемещения ножа

$$u_H = \omega \sqrt{r^2 - x^2} = \omega y. \quad (6.4)$$

6.1.1 Определение скорости начала и конца резания (рисунок 6.2).

Так как процесс резания происходит по принципу ножниц, то начало резания осуществится в момент встречи точки  $A$  лезвия  $AB$  с противорежущей пластиной пальца в точке  $A_1$  (лезвие займет положение  $A_1B_1$ ). При дальнейшем движении сегмента вправо режущая кромка, соприкасаясь с противорежущей пластиной пальца, будет защемлять растения и перерезать их. Резание закончится, когда точка  $B$  лезвия сегмента встретится с противорежущей пластиной пальца в точке  $B_2$ , а лезвие сегмента  $AB$  займет положение  $A_2B_2$ .

Скорость начала и конца резания:

- в принятом масштабе на расстоянии  $S$  по оси  $x$  нанести оси симметрии пальцев и сегментов (рисунок 6.2);
- согласно данным, приведенным в таблице 6.2, нанести противорежущие пластины пальцев и сегменты режущего аппарата;
- обозначить режущие кромки  $AB$  и  $A_3B_3$  сегментов;

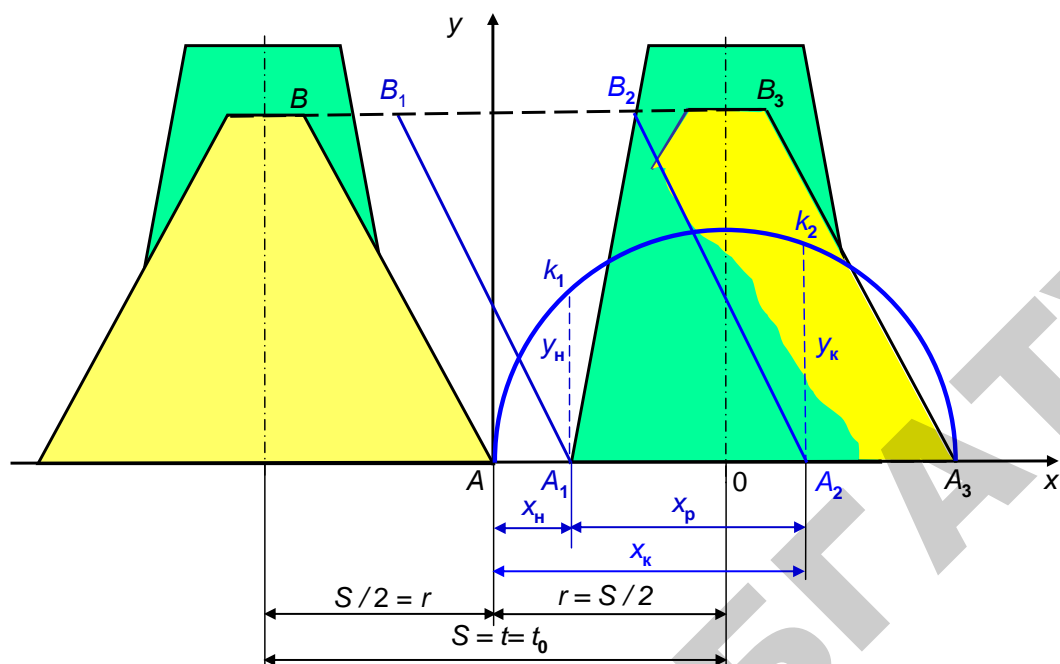


Рисунок 6.2 – Определение скорости резания для режущего аппарата с кривошипно-шатунным приводом

- обозначить положение точек  $A$  – начала координат  $xAy$  и  $O$  – центра полуокружности;
- радиусом  $r = S / 2$  провести полуокружность;
- переместить режущую кромку  $AB$  в положение  $A_1B_1$ .
- из точки  $A_1$  восстановить перпендикуляр до пересечения с окружностью в точке  $k_1$ ;
- обозначить ординату  $y_H$  и соответствующее ей перемещение  $x_H$  – начало резания;
- переместить режущую кромку  $A_1B_1$  в положение  $A_2B_2$ ;
- из точки  $A_2$  восстановить перпендикуляр до пересечения с окружностью в точке  $k_2$ ;
- обозначить ординату  $y_K$  и соответствующее ей перемещение  $x_K$  – окончание резания;
- нанести перемещение  $x_H$  ножа до начала резания,  $x_K$  – в конце резания и  $x_P$  – в течение процесса резания;
- замерить ординаты  $y_H$  и  $y_K$ , определить скорости начала и окончания резания

$$V_{pн} = \omega y_n \text{ и } V_{pк} = \omega y_k. \quad (6.5)$$

Сравнить полученные значения скорости резания  $V_{pн}$  и  $V_{pк}$  с допустимыми ( $V_p \geq 1,5$  м/с).

6.1.2 Построение траектории абсолютного движения точек ножа. Сегменты ножа режущего аппарата во время движения комбайна участвуют в двух видах движения – относительном по отношению к пальцам жатки и переносном вместе с комбайном.

Для построения:

- разделить полуокружность на части (не менее 6) и обозначить точки 1; 2; 3...6 (рисунок 6.3);
- определить величину перемещения машины за один ход ножа – подачу на нож

$$L = (\pi V_M) / \omega = (30V_M) / n; \quad (6.6)$$

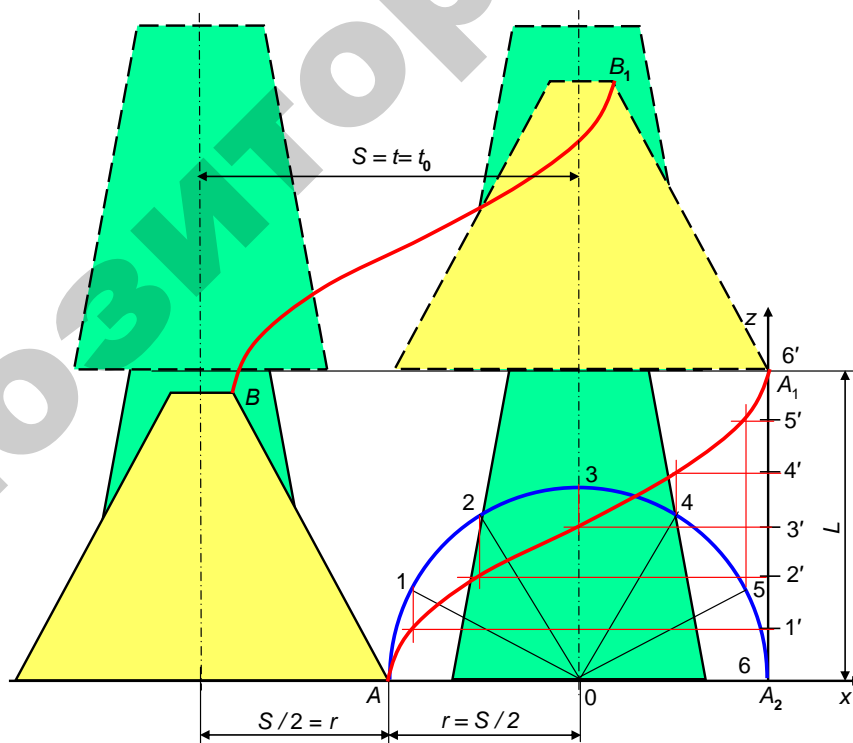


Рисунок 6.3 – Построение траектории абсолютного движения точек сегмента режущего аппарата с кривошипно-шатунным приводом



– отложить на оси ординат  $A_2z$  (по направлению движения комбайна) величину подачи  $L$  на нож и разделить ее на 6 частей (что и полуокружность), обозначив соответственно точки  $1'; 2'; 3'...6'$ ;

– провести из точек  $1; 2; 3...6$  на полуокружности вертикальные линии, а из точек  $1'; 2'; 3'...6'$  – горизонтальные до их взаимного пересечения в точках, которые и будут промежуточными точками траектории;

– соединить точки кривой, которая представляет собой траекторию перемещения точек активной части лезвия сегмента ножа ( $A-A_1$ );

– соединить этой траекторией точки  $B$  и  $B_1$ .

Траекторию использовать при построении графика пробега режущей кромки сегмента с кривошипно-шатунным приводом (рисунок 6.4).

6.1.3 Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни.

Для кривошипно-шатунного привода ножа шаг сегментов  $t$ , шаг пальцев  $t_0$  и ход  $S$  ножа равны между собой – 76,2 мм (таблица 6.1). Величина перемещения  $L$  машины за один ход ножа определяется по формуле 6.5.

Вычертить график пробега активной части лезвия сегмента:

– на расстоянии  $S$  провести осевые линии перемещения двух соседних пальцев режущего аппарата и ширину противорежущей пластины;

– вычертить четыре (I, II, III, IV) положения сегмента на расстоянии  $L$  друг от друга;

– используя шаблон траектории абсолютного перемещения точек сегмента (рисунок 6.3), соединить крайние точки соответствующих режущих кромок сегмента;

– определить графически величину угла  $\theta$  (направление отгиба стеблей), для этого отложив по горизонтали  $\pi R$ , а по вертикали –  $L$ ;

– отметить точки  $a, b, c, d, e$  пересечения траекторий с линией  $m - m$ ;

– предполагая, что срезаются стебли, растущие по линии  $m - m$ , графически определить отгибы: поперечный –  $q_2$  и максимальный продольный –  $q_3$ .

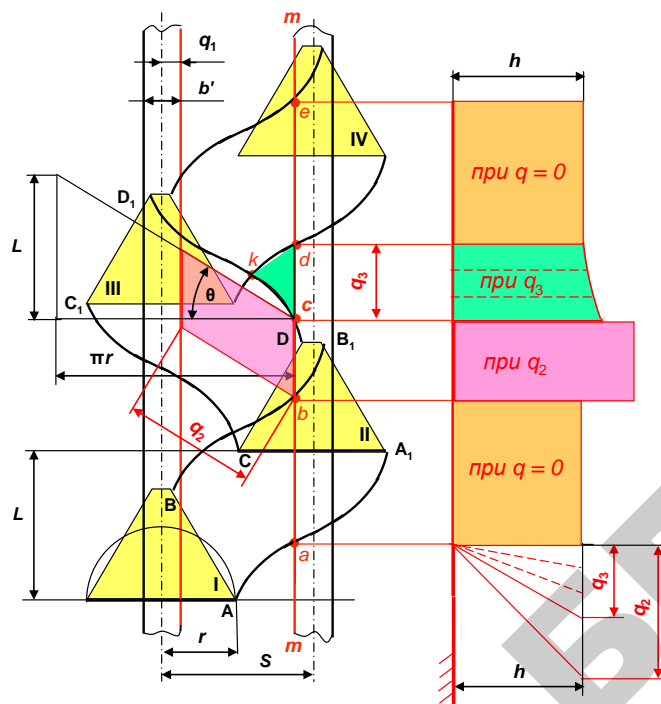


Рисунок 6.4 – Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни для стеблей, растущих по линии  $m - m$

Из графика пробега активной части лезвия сегмента следует, что стебли, которые расположены на отрезках  $ab$  и  $de$  срезаются режущей кромкой  $AB$  сегмента без отгиба у противорежущей пластины правого пальца при прямом ходе ножа (слева направо – соответственно из положения I в положение II и из III в IV). Стебли, расположенные на отрезке  $bc$ , отгибаются режущей кромкой  $CD$  сегмента при обратном ходе ножа (справа налево – из положения II в положение III) и срезаются с поперечным отгибом  $q_2$  у левого пальца.

Стебли, расположенные на отрезке  $cd$ , отгибаются пальцевым брусом вперед по ходу комбайна и срезаются в точке  $d$  с разным по величине продольным отгибом, максимальная величина которого равна  $q_3$ . При каждом последующем ходе ножа картина изменения высоты стерни будет циклически повторяться.

Построение диаграммы высоты стерни (рисунок 6.4). Для этого:

- провести линию, соответствующую поверхности поля;
- из точек  $a, b, c, d$  и  $e$  провести линии до пересечения с поверхно-

СТЬЮ ПОЛЯ;

– на участках  $ab$  и  $de$  высота среза соответствует высоте установки режущего аппарата –  $h$  (срез осуществляется без отгиба –  $q = 0$ );

– для определения высоты стерни при срезе стеблей с отгибом, расположенных на участке  $bc$ , отложить величину поперечного отгиба  $q_2$  и определить высоту стерни;

– для определения величины отгиба на участке  $cd$  отложить величину продольного отгиба  $q_3$ , разделив на несколько равных по величине частей, и определить высоту стерни с учетом переменной величины отгиба.

Стебли, растущие в треугольнике  $cdk$ , срезаются в точке  $d$  с разными отгибами при перемещении сегмента из положения III в положение IV.

Для определения величины отгиба стеблей, расположенных на линии  $m_1 - m_1$  (рисунок 6.5), необходимо:

– на графике пробега активной части лезвия сегмента между режущими кромками левого и правого пальцев провести линию  $m_1 - m_1$ ;

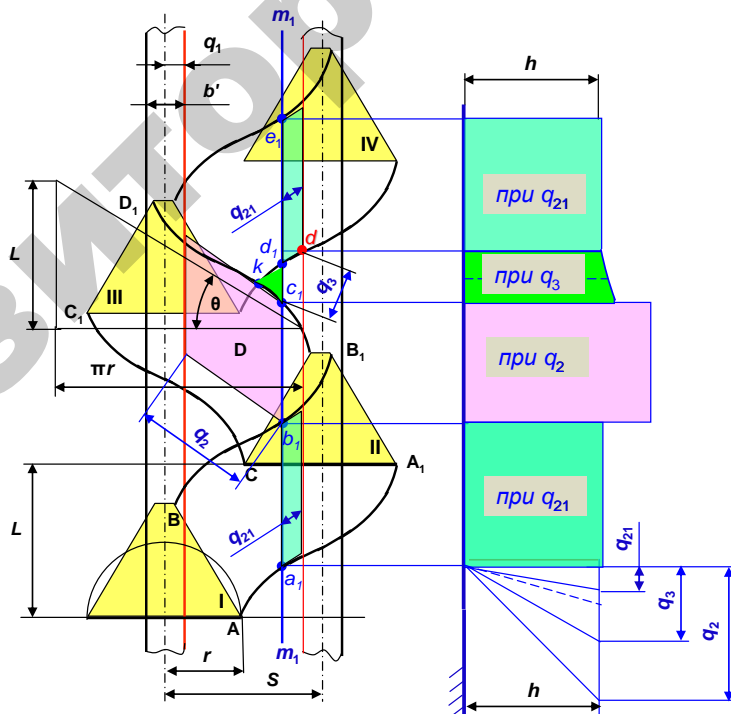


Рисунок 6.5 – Построение графика пробега активной части лезвия сегмента

и диаграммы высоты стерни для стеблей, растущих по линии  $m_1 - m_1$

– обозначить точки  $a_1, b_1, c_1, d_1, e_1$  пересечения траекторий с линией

$m_1 - m_1;$

– графически определить отгибы этих стеблей при срезе: поперечные –  $q_{21}$  и  $q_{22}$  и максимальный продольный –  $q_3$ .

Стебли, которые растут на отрезках  $a_1b_1$  и  $d_1e_1$ , отгибаются режущей кромкой  $AB$  сегмента и срезаются с поперечным отгибом  $q_{21}$  у противорезущей пластины правого пальца при прямом ходе ножа. Стебли с отрезка  $b_1c_1$  отгибаются режущей кромкой  $CD$  сегмента при обратном ходе ножа и срезаются с поперечным отгибом  $q_{22}$  у левого пальца. Стебли с отрезка  $c_1d_1$  срезаются в точке  $d$  с разным по величине продольным отгибом, максимальная величина которого равна  $q_3$ .

6.1.4 Большинство стеблей срезаются с некоторым отгибом от вертикального положения. В результате высота стерни получается больше высоты установки режущего аппарата над поверхностью поля.

Потери возможны, если высота стерни больше или равна минимальной длине стеблестоя

$$L_{\min} \leq l_{\text{ст max}}, \quad (6.7)$$

где  $l_{\text{ст}}$  – высота стерни (определить из диаграммы (рисунки 6.4, 6.5) или аналитически по нижеприведенным выражениям);

$L_{\min}$  – минимальная длина стеблестоя.

Высота стерни для второй и третьей (максимальное значение) зон отгиба

$$l_{\text{ст2}} = \sqrt{h^2 + q_2^2} \text{ и } l_{\text{ст3}} = \sqrt{h^2 + q_3^2_{\max}}, \quad (6.8)$$

где  $h$  – высота установки режущего аппарата относительно поля;

$q_2$  и  $q_3_{\max}$  – соответственно значение поперечного и максимального продольного отгиба стеблей (рисунки 6.4 или 6.5).

Сравнить полученные расчетные значения  $l_{\text{ст2}}$  и  $l_{\text{ст3}}$  с построением.

Предельная высота  $h_{\text{пр}}$  установки режущего аппарата должна соответствовать условию: минимальная длина ( $l_{\text{ср min}}$ ) срезанных стеблей должна быть больше или равна максимальной высоте стерни

$$l_{\text{ср min}} \geq l_{\text{ст max}}. \quad (6.8)$$

Предельно допустимый отгиб  $q_{\text{пр}}$  (приняв  $l_{\text{ст}} = L_{\text{min}}$ )

$$q_{\text{пр}} = \sqrt{L_{\text{min}}^2 - h^2}. \quad (6.9)$$

Сравнить полученный результат с величиной отгиба  $q_2$  и  $q_3 \text{ max}$ , сделать заключение об их соответствии и, при необходимости, дать предложения по выполнению необходимых условий для выполнения технологического процесса работы рабочих органов жатки.

6.2 Режущий аппарат с использованием в приводе механизма качающейся шайбы («ДОН-1200» и «ДОН-1500»).

В зерноуборочных комбайнах типа «ДОН» ход  $S$  ножа больше шага сегментов  $t$  и пальцев  $t_0$ :

$$S = 1,155 t = 1,155 t_0 = 88 \text{ мм}, \quad (6.10)$$

где  $t = t_0 = 76,2 \text{ мм}$ .

Согласно [8] и [9], закон изменения скорости перемещения ножа с механизмом качающейся шайбы отличается от используемого в комбайне СК-5А «НИВА».

Для привода с механизмом качающейся шайбы

$$u_{\text{н кш}} = \mu \omega r \sin \omega t = \mu \omega \sqrt{r^2 - x^2}, \quad (6.11)$$

где  $\mu$  – параметр, учитывающий отличие в изменении скорости ножа с приводом через механизм качающейся шайбы от кривошипно-шатунного привода.

$$\mu = (1 / \cos \alpha) [1 - (x^2 / r^2) \sin^2 \alpha]. \quad (6.12)$$

6.2.1 Определение скорости начала и конца резания (рисунок 6.6):

– на расстоянии  $t = t_0 = 76,2$  мм провести осевые линии перемещения двух соседних пальцев режущего аппарата и отметить ширину противорезущей пластины;

– определить величину относительного смещения осей симметрии сегментов по отношению к осям симметрии пальцев

$$\Delta S = (S - t) / 2 = (88 - 76) / 2 = 6 \text{ мм};$$

– вычертить сегменты согласно рисунку 6.6;

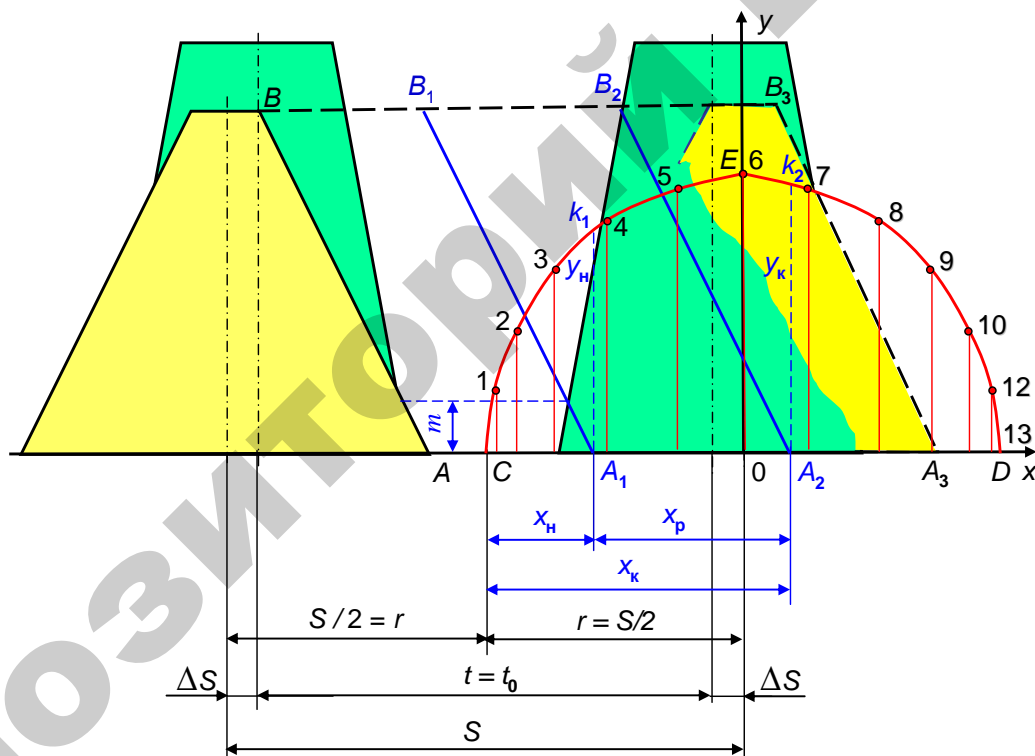


Рисунок 6.6 – Определение скорости резания для режущего аппарата с приводом качающейся шайбы

– обозначить режущие кромки  $AB$  и  $A_3B_3$  сегментов;

– провести ось ординат  $Oy$ ;

– по приведенным в таблице 6.2 результатам расчетов [по формулам (6.11) и (6.12) для  $S = 88$  мм] отложить значения ординат  $y_i = \mu_i y_i$  в зависимости от значений аргумента  $x_i$ ;

- соединить точки 1, 2, 3, ..., 6 плавной кривой и 6–13;
- переместить режущую кромку  $AB$  сегмента в положение  $A_1B_1$  и из точки  $A_1$  провести ординату  $A_1k_1 = y_n$  до пересечения с левой частью параболы.
- переместить режущую кромку  $A_1B_1$  сегмента в положение  $A_2B_2$  и из точки  $A_2$  провести ординату  $A_2k_2 = y_k$  до пересечения с правой частью параболы;
- показать перемещение  $x_n$  ножа до начала резания,  $x_k$  – в конце резания и  $x_p$  – в течение процесса резания;
- определить скорости начала и окончания резания

$$V_{pн} = \omega y_n \quad \text{и} \quad V_{pк} = \omega y_k.$$

Таблица 6.2 – Значения изменения скорости перемещения ножа с приводом качающейся шайбы в зависимости от угла поворота качающейся шайбы

$\omega t_i$	$\mu_i$	$x_i$	$y_i$	$\mu_i y_i$	$\mu_i \omega$	$\mu_i \omega y_i$
0	0,951	44	0	0	47.11	0
$\pi/12$	0.713	42,5	11,4	11	47.44	0.54
$\pi/6$	0,976	38,1	22	21,5	48.35	1.06
$\pi/4$	1.001	31,1	31,1	31.1	49.60	1.54
$\pi/3$	1,026	22	38,1	39,1	50.84	1.94
$\pi/2.4$	1.045	11,4	42,5	44.4	51.77	2.21
$\pi/2$	1,051	0	44	46,2	52.08	2.29

Ординаты  $y_n$  и  $y_k$  представляют собой скорость перемещения ножа в масштабе  $\omega$ . Видом кривой изменения скорости резания с приводом качающейся шайбы является парабола, однако использовать ее для определения скоростей резания в зависимости от перемещения ножа неудобно. С целью повышения точности определения примем полуокружность радиуса  $r = S / 2 = 44$  мм. Тогда ординаты  $y_n$  и  $y_k$  будут представлять собой скорость резания в масштабе  $\mu\omega$ ;

– сравнить полученные значения скорости резания  $V_{pн}$  и  $V_{pк}$  с допустимыми ( $V_p \geq 1,5$  м/с).

6.2.2 Построение траектории абсолютного движения точек сегмента (рисунок 6.7).

Вычертить взаимное расположение сегментов и пальцев согласно рисунку 6.7. Затем:

– для удобства дальнейшего построения провести радиусом  $r = S / 2$  полуокружность с центром в точке 0;

– разделить полуокружность на шесть частей и обозначить точки 1; 2; 3...6;

– определить величину перемещения машины за один ход ножа – подачу на нож по выражению 6.6;

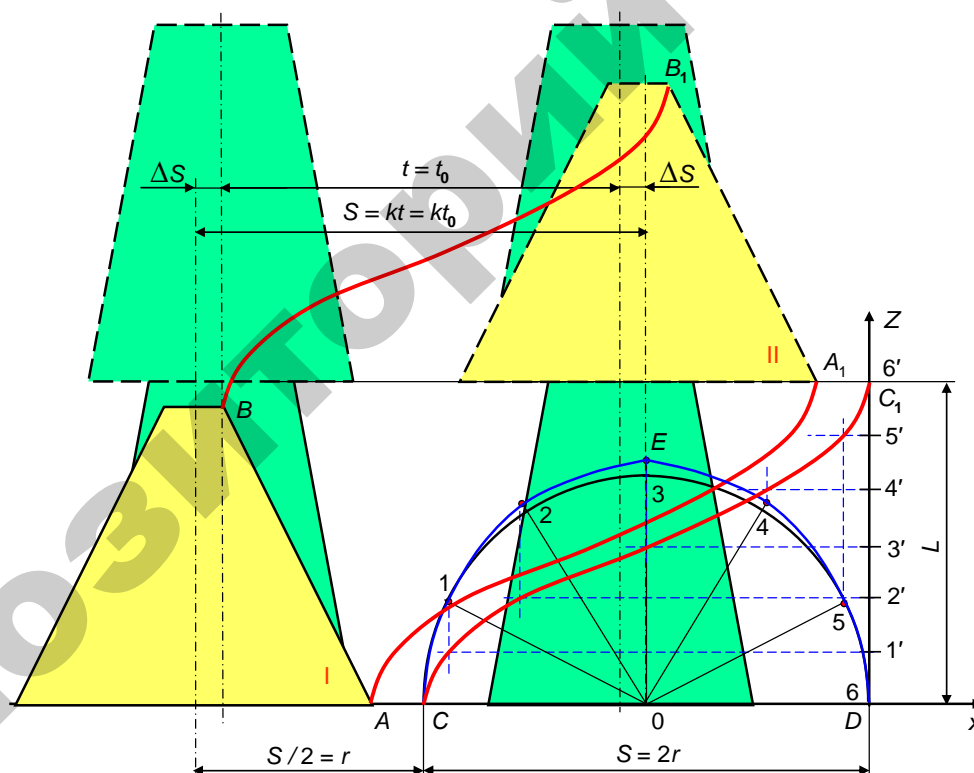


Рисунок 6.7 – Построение траектории абсолютного движения сегмента режущего аппарата с приводом качающейся шайбы

– из точки  $D$  провести ординату  $z$ , отложить на ней величину подачи  $L$  на нож и разделить на части, как и полуокружность, обозначив соответственно точки  $1'$ ;  $2'$ ;  $3'$ ... $6'$ ;



– провести из точек пересечения лучей-радиусов с параболой вертикальные линии, а из точек 1'; 2'; 3'...6' – горизонтальные – до их взаимного пересечения в точках, которые и будут промежуточными точками траектории;

– соединить эти точки кривой  $A - A_1$ , которая представляет собой траекторию абсолютного движения сегмента режущего аппарата с приводом качающейся шайбы, а также  $B$  и  $B_1$ .

6.2.3 Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни.

Вычертить график пробега активной части лезвия сегмента для стеблей, растущих по линии  $m - m$  (рисунок 6.8) или  $m_1 - m_1$  (рисунок 6.9) согласно методике, приведенной в п. 6.1.3.

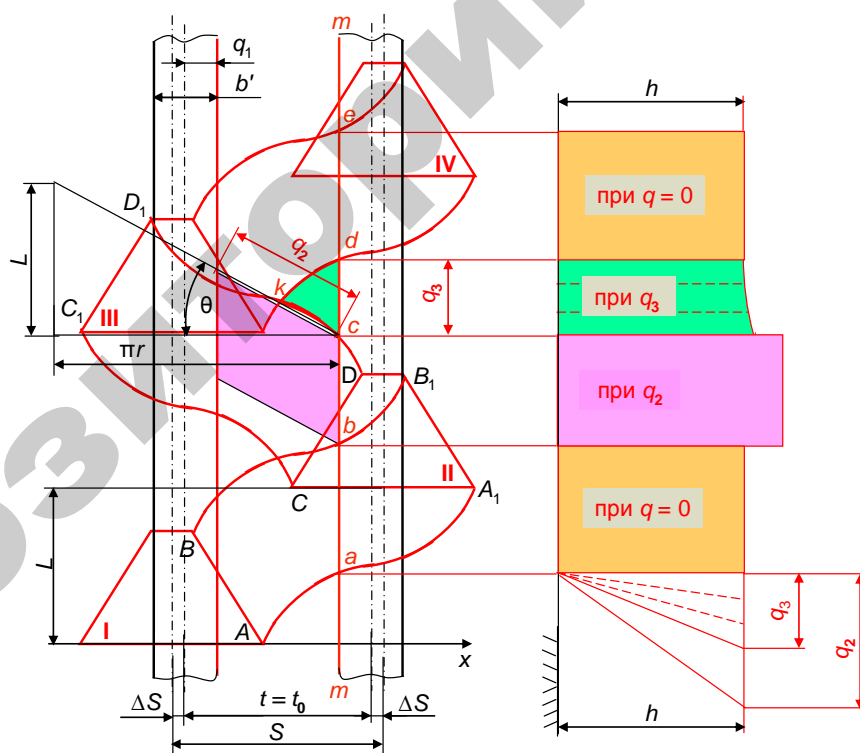


Рисунок 6.8 – График пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни для стеблей, растущих по линии  $m - m$

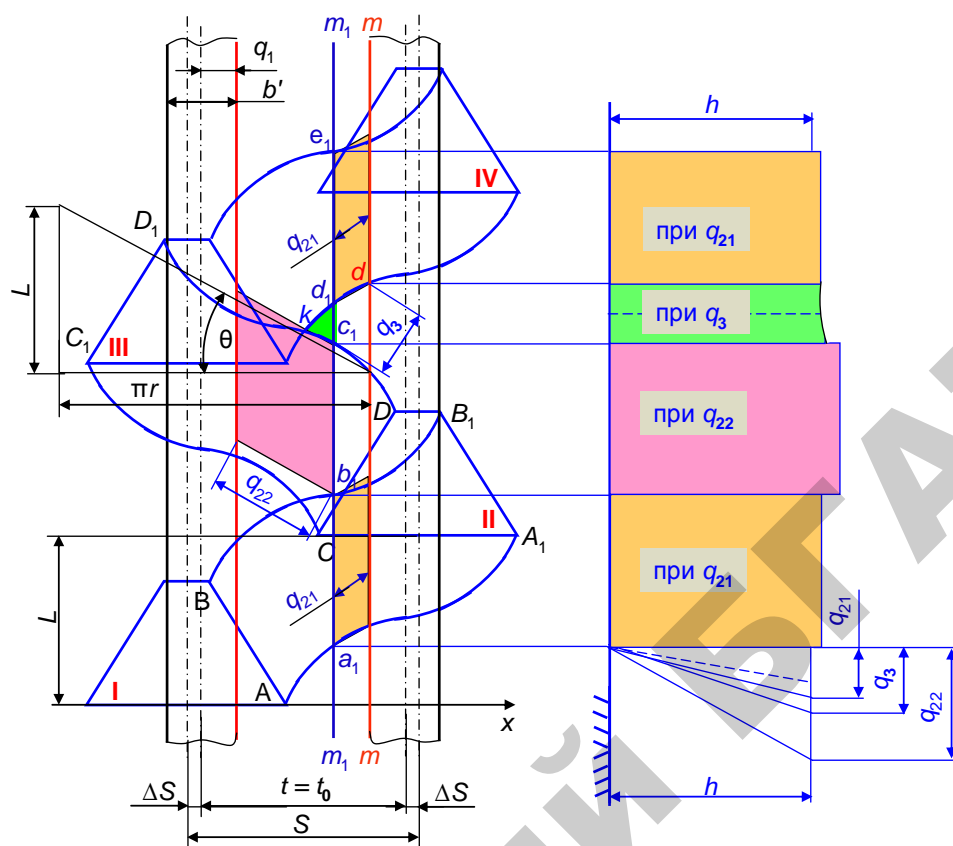


Рисунок 6.9 – Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни для стеблей, растущих по линии  $m_1 - m_1$

6.3 Режущий аппарат с использованием в приводе механизма Шумера.

В зерноуборочных комбайнах КЗС-7 и «ЛИДА-1300» ход  $S$  ножа превышает шаг сегментов  $t$  и пальцев  $t_0$ :

– ход ножа:

$$S = 1,115 t = 1,115 t_0 = 85 \text{ мм},$$

где  $t = t_0 = 76,2 \text{ мм}$ ;

– скорость перемещения ножа

$$u_{\text{нш}} = (30 \omega V_p) / \pi n_{\text{ш}}$$

6.3.1 Определение скорости начала и конца резания (рисунок 6.10):

– на расстоянии  $t = t_0 = 76,2 \text{ мм}$  провести осевые линии перемещения двух соседних пальцев режущего аппарата и отметить ширину противорезающей пластины;

– определить величину смещения осей симметрии сегментов относительно осей симметрии пальцев

$$\Delta S = (S - t) / 2 = (85 - 76) / 2 = 4,5 \text{ мм};$$

– провести оси симметрии сегментов) и вычертить сегменты согласно данным таблицы 6.1;

– обозначить режущие кромки  $AB$  и  $A_3B_3$  сегментов;

– провести ось ординат  $C_y$ .

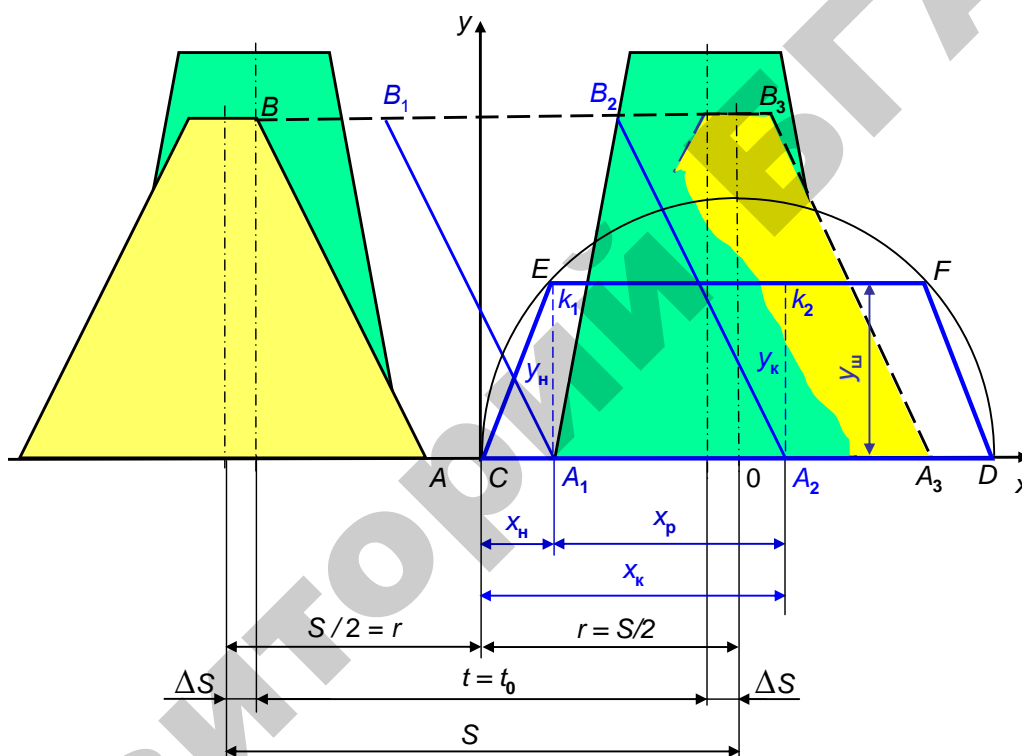


Рисунок 6.10 – Определение скоростей резания для режущего аппарата с приводом Шумахера

Закономерность изменения скорости перемещения ножа с механизмом Шумахера отличается от закономерностей рассмотренных выше приводов. Изменение скорости перемещения ножа с механизмом Шумахера происходит по трапеции, скорость ножа в пределах среза стеблей по величине постоянна.

В связи с отсутствием информации по теории движения ножа с применением механизма Шумахера в первом приближении высоту (ординату  $y_{ш}$ ) трапеции следует определять исходя из допустимой скорости резания ( $[V_p] =$

1,5...3,0 м/с) для зерновых культур и с учетом частоты вращения ведущего вала механизма привода режущего аппарата для комбайнов КЗС-7 и «ЛИДА-1300»

$$y_{ш} = V_p / \omega_{ш}.$$

Частота вращения ведущего вала механизма

$$\omega_{ш} = (\pi n_{ш}) / 30,$$

где  $n$  – частота вращения ведущего вала механизма (приложение В).

Высота трапеции с учетом скорости резания  $V_{рш}$ :

$$y_{ш} = (30 V_p) / \pi n_{ш};$$

– отметить положение точек  $A$  – начала координат  $xAy$  и  $O$  – центра полуокружности;

– радиусом  $r = S/2 = 42,5$  мм провести полуокружность с центром в точке  $O$ ;

– на высоте  $y_{ш}$ , провести горизонтальную линию до пересечения с полуокружностью в точках  $E$  и  $F$ ;

– провести наклонные линии  $CE$  и  $DF$ .

В системе координат  $xCy$  ломаная линия  $CEFD$  представляет собой закономерность изменения скорости перемещения ножа;

– переместить режущую кромку  $AB$  сегмента в положение  $A_1B_1$  и из точки  $A_1$  провести ординату  $A_1k_1 = y_n = y_{ш}$ ;

– переместить режущую кромку  $A_1B_1$  сегмента в положение  $A_2B_2$  и из точки  $A_2$  провести ординату  $A_2k_2 = y_k = y_{ш}$ ;

– нанести перемещение  $x_n$  ножа до начала резания,  $x_k$  – в конце резания и  $x_p$  – в течение процесса резания;

– замерить ординаты  $y_n$  и  $y_k$ , определить скорости начала и окончания резания

$$V_{рн} = \omega_{ш} y_n = \omega_{ш} y_{ш} \quad \text{и} \quad V_{рк} = \omega_{ш} y_k = \omega_{ш} y_{ш}.$$

6.3.2 Построение траектории абсолютного движения точек ножа (рисунок 6.11).

Вычертить положение сегментов и пальцев, как показано на рисунке 6.11, используя закономерность скорости резания (рисунок 6.10), построить траектории абсолютного движения точек режущего аппарата с приводом Шумахера.

Для этого:

- радиусом  $r = S / 2$  провести полуокружность с центром в точке 0;
- разделить полуокружность на несколько равных частей (не менее 6) и обозначить точки 1; 2; 3...6;
- определить величину перемещения машины за один ход ножа по выражению (6.6);
- из точки  $D$  провести ординату  $z$ , отложить на ней величину подачи  $L$  на нож и разделить на шесть частей, как и полуокружность, обозначив соответственно точки 1'; 2'; 3'...6';

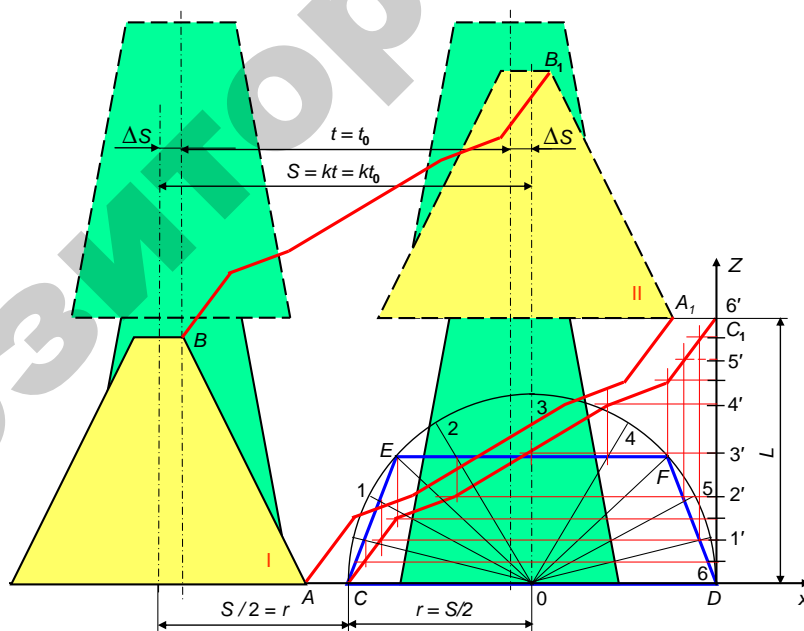


Рисунок 6.11 – Траектория перемещения сегмента ножа режущего аппарата с приводом Шумахера

- провести из точек пересечения лучей-радиусов с трапецией вертикальные линии, а из точек 1'; 2'; 3'...6' – горизонтальные – до их взаимного пересечения в точках, которые и будут промежуточными точками траекто-

рии (рисунок 6.11);

- соединить эти точки кривой, которая представляет собой траекторию перемещения точек активной части лезвия сегмента ножа;

- соединить этой траекторией точки  $A$  и  $A_1$ , а также  $B$  и  $B_1$ .

6.3 Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни.

Для привода ножа с механизмом Шумахера исходными данными являются: шаг сегментов и пальцев –  $t = t_0 = 76,2$  мм; ход ножа –  $S = 85$  мм;  $\Delta S = 4,5$  мм.

Вычертить график пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни для стеблей, расположенных по линии  $m - m$  (рисунок 6.12) или  $m_1 - m_1$  (рисунок 6.13), используя методику, приведенную в пункте 6.1.3.

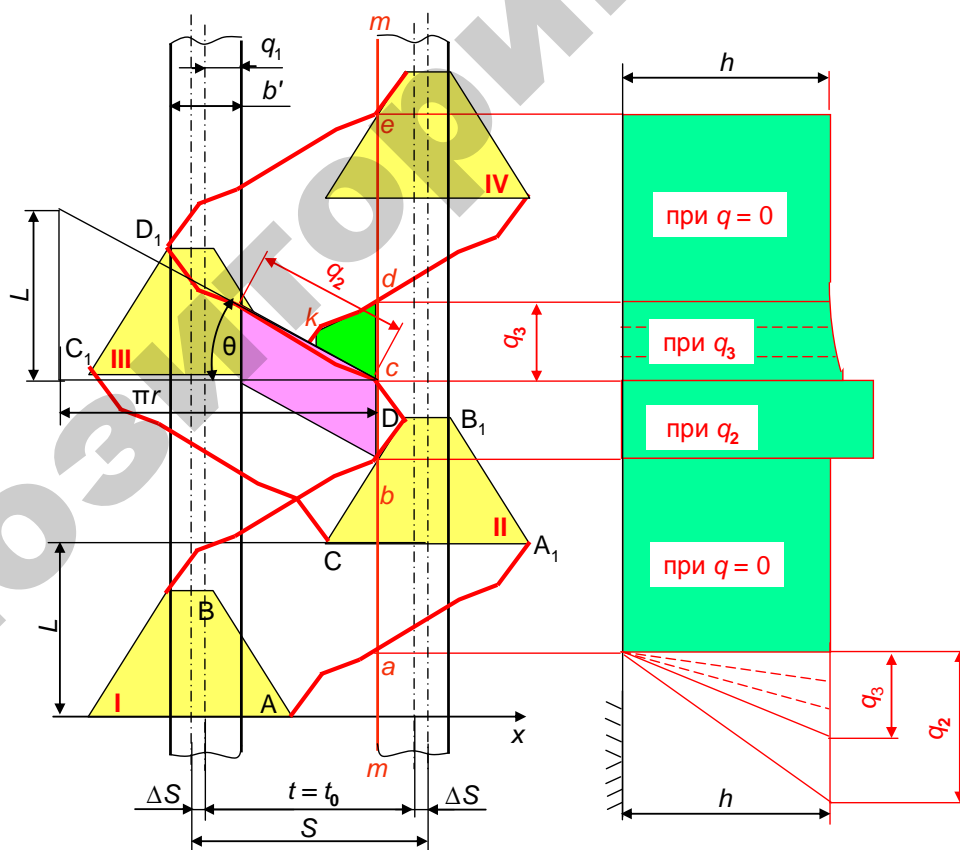


Рисунок 6.12 – График пробега активной части лезвия сегмента и диаграмма высоты стерни для стеблей, растущих по линии  $m - m$

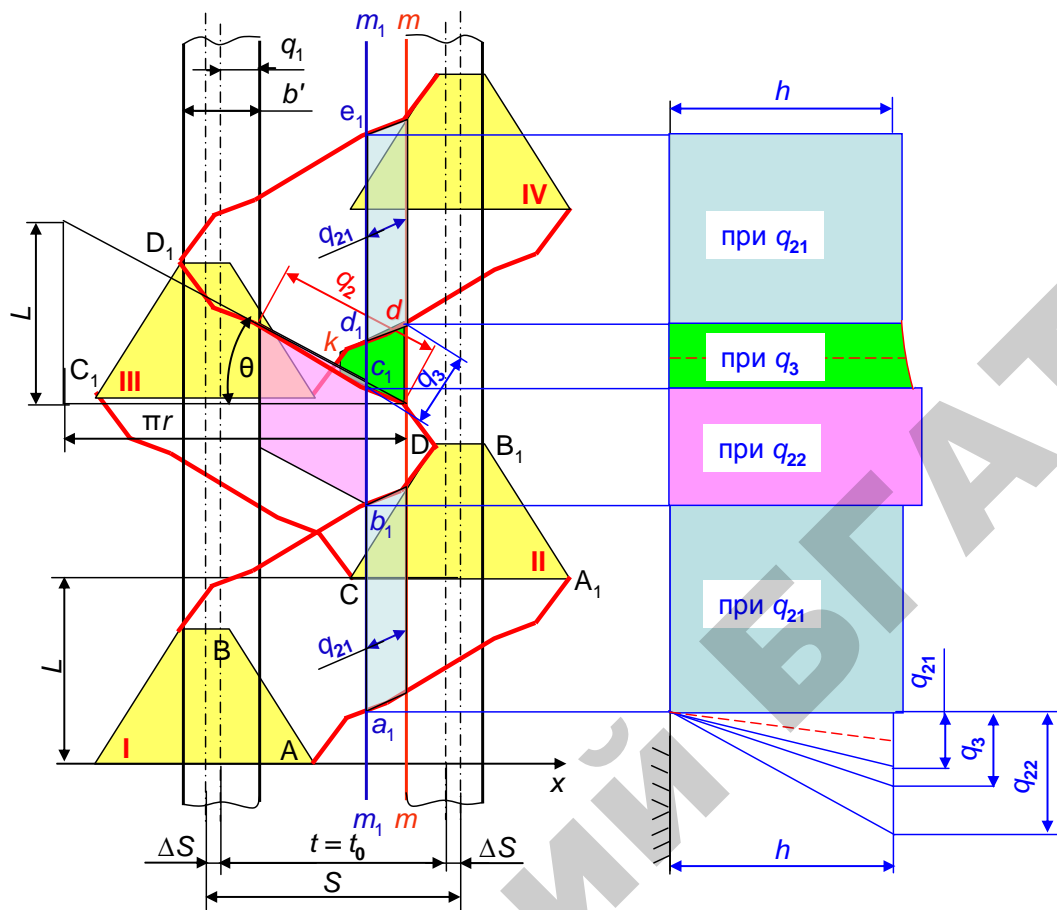


Рисунок 6.13 – График пробега активной части лезвия сегмента и диаграмма высоты стерни для стеблей, растущих по линии  $m_1 - m_1$

## 7 МОЩНОСТЬ, ЗАТРАЧИВАЕМАЯ КОМБАЙНОМ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Для обеспечения работы комбайна необходимо выполнение условия:

$$N_{\text{дв}} \geq N_{\text{т}}, \quad (7.1)$$

где  $N_{\text{дв}}$  – мощность двигателя, кВт;

$N_{\text{т}}$  – мощность, необходимая для выполнения технологического процесса, кВт.

Мощность, необходимая для выполнения технологического процесса комбайном [6],

$$N_{\text{т}} = N_{\text{р}} + N_{\text{ма}} + N_{\text{ро}} + N_{\text{п}}, \quad (7.2)$$

где  $N_{\text{р}}$  – мощность, затрачиваемая на процесс резания, кВт;

$N_{\text{ма}}$  – мощность на привод молотильного барабана, кВт;

$N_{\text{ро}}$  – мощность на привод остальных рабочих органов (принимать из таблицы 7.1), кВт;

$N_{\text{п}}$  – мощность на перемещение комбайна, кВт.

7.1 Мощность, необходимая для выполнения процесса резания,

$$N_{\text{р}} = T_{\text{max}} \omega r, \quad (7.3)$$

где  $T_{\text{max}}$  – максимальная сила, действующая в приводе ножа, Н;

$\omega$  – угловая частота вращения ведущего вала привода, 1/с;

$r$  – радиус кривошипа механизма привода ножа, м.

В процессе резания на нож режущего аппарата действуют силы (рисунок 7.1)

$$T_i = R_{\text{ср}} + P_{\text{ji}} + F, \quad (7.4)$$

где  $R_{\text{ср}}$  – среднее значение силы сопротивления срезу стеблей, Н;

$P_{\text{ji}}$  – сила инерции масс ножа, возникающая за счет непостоянства скорости перемещения ножа, Н;



$F$  – сила трения ножа по пальцевому брусу, вызываемая его силой тяжести, Н.

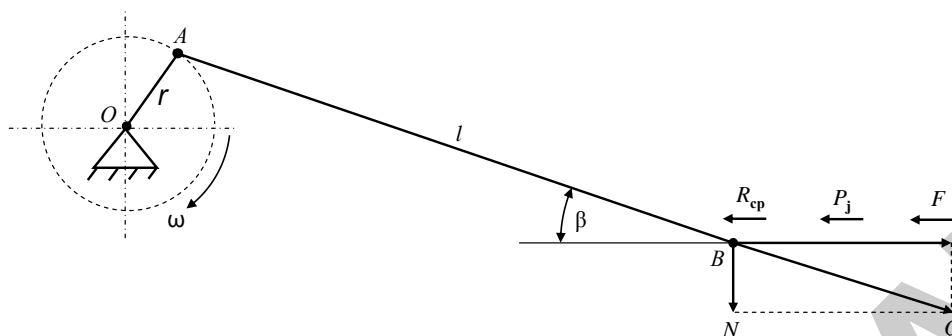


Рисунок 7.1 – Силы, действующие в приводе ножа режущего аппарата

7.1.1 Сила сопротивления срезу стеблей зависит от площади нагрузки и густоты стеблестоя

$$R_{\text{ср}} = (\varepsilon f_{\text{н}} z) / (x_{\text{к}} - x_{\text{н}}), \quad (7.5)$$

где  $\varepsilon$  – удельная работа, затрачиваемая на срез растений с  $1 \text{ см}^2$  ( $\varepsilon = (1 \dots 2) \times 10^{-2} \text{ Дж/см}^2$  для зерновых культур). Большие значения необходимо принимать при срезе ржи и пшеницы, а меньшие – для ячменя и овса;

$f_{\text{н}}$  – площадь нагрузки на лезвие сегмента,  $\text{см}^2$ ;

$x_{\text{н}}$  и  $x_{\text{к}}$  – величины перемещения ножа, соответствующие началу и концу резания (рисунки 6.2; 6.6 и 6.10), м.

Площадь нагрузки на лезвие сегмента

$$f_{\text{н}} = L S, \quad (7.6)$$

где  $L$  – подача, см;

$S$  – ход ножа, см.

Число сегментов

$$z = B / t, \quad (7.7)$$

где  $B$  – ширина захвата жатки, м;

$t$  – ширина сегмента, м.

### 7.1.2 Сила инерции

– для кривошипно-шатунного механизма

$$P_j = m_n \omega^2 r (1 - x / r);$$

– для механизма качающейся шайбы

$$P_j = v m_n \omega^2 r (1 - x / r),$$

где  $v$  – параметр, как функция перемещения от  $x$ ,

$$v = \{(1 - x^2 / r^2 \sin^2 \alpha) [1 - (3 x^2 / r^2 - 2) \sin^2 \alpha]\} / \cos \alpha;$$

– для механизма Шумахера

$$P_j \approx m_n \omega^2 r (1 - x / r),$$

где  $m_n$  – масса ножа, кг;

$\omega$  – угловая частота вращения ведущего вала привода (по технической характеристике комбайна),  $c^{-1}$ ;

$r$  – радиус кривошипа механизма привода ножа ( $r = S / 2$ ), м;

$\alpha$  – угол наклона шайбы к оси вала (комбайн типа «ДОН» -  $\alpha = 18^\circ$ ).

### 7.1.3 Максимальное значение силы инерции (при $x = 0$ и $x = S$ ):

– для кривошипно-шатунного механизма

$$P_{j \max} = \pm m_n \omega^2 r; \quad (7.8)$$

– для механизма качающейся шайбы

$$P_{j \max} = \pm m_n \omega^2 r \cos^2 \alpha; \quad (7.9)$$

– для механизма Шумахера

$$P_{j \max} \approx \pm m_n \omega^2 r, \quad (7.10)$$

где  $m_n$  – общая масса ножа ( $m_n = m_o B$ ), кг;

$m_o$  – масса одного погонного метра ножа ( $m_o = 2,0 \dots 2,2$  кг/м).

#### 7.1.4 Сила трения

$$F = f G, \quad (7.11)$$

где  $G = m_n g$  – сила тяжести ножа, определяемая из расчета его длины;

$f$  – коэффициент трения ( $f = 0,25 \dots 0,30$ ).

7.1.4 По результатам расчетов построить графики изменения сил  $R_{\text{ср}}$ ,  $P_j$  и  $F$  сопротивления, действующих на нож (рисунок 7.2):

– сила сопротивления срезу  $R_{\text{ср}}$  графически представляет собой прямую, параллельную оси абсцисс на отрезке от начала  $x_n$  до конца  $x_k$  резания;

– сила  $P_j$  инерции при кривошипно-шатунном механизме и механизме качающейся шайбы графически изменяется по наклонной прямой с экстремумами [соответственно (7.8) и (7.9)] в начале ( $x = 0$ , точка  $H$ ) и конце ( $x = S$ , точка  $L$ ) хода ножа; при  $x = S / 2$  (точка  $M$ ) сила инерции для обоих механизмов равна 0 (рисунок 7.2);

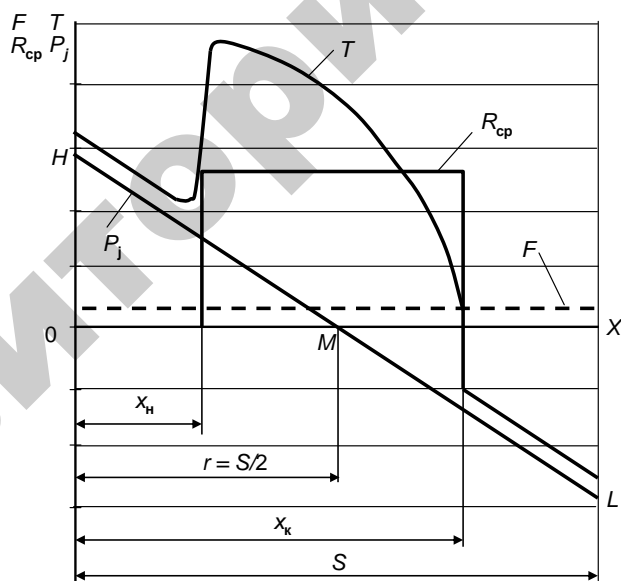


Рисунок 7.2 – Закономерность изменения сил, действующих на нож режущего аппарата с приводом для комбайнов типа «Нива» и «Дон»

– сила  $P_j$  инерции для механизма Шумахера графически изменяется по ломаной  $HMKL$  прямой, характер которой определяется координатами  $x_1$  при  $V_p = \text{const}$  (рисунок 7.3);

– максимальное значение (в точках  $H$  и  $L$ ) силы инерции для меха-

низма Шумахера определяется по выражению (7.10);

– на отрезке  $MK$  сила инерции для механизма Шумахера равна 0 (рисунок 7.3);

– координаты  $x_1$  взять из рисунка 6.10;

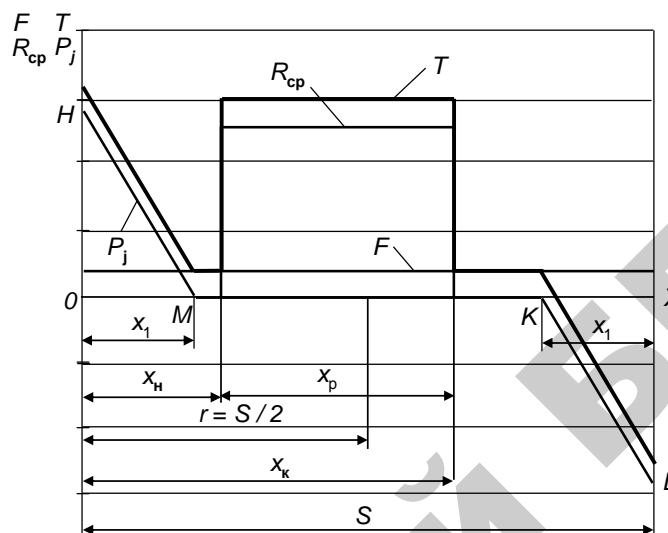


Рисунок 7.2 – Закономерность изменения сил, действующих на нож с приводом Шумахера

– сила  $F$  трения графически (рисунки 7.2 или 7.3) отображается линией, параллельной оси абсцисс.

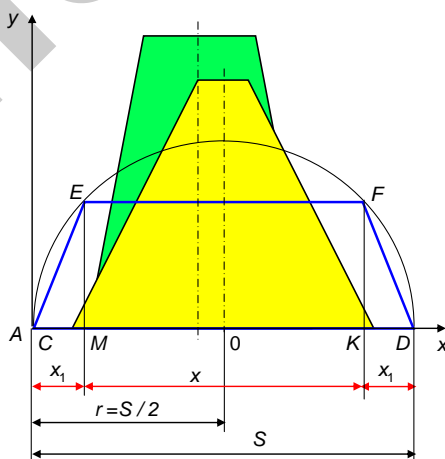


Рисунок 7.3 – Схема для определения скорости резания с приводом Шумахера

По максимальной суммарной силе  $T_{\max}$  (рисунки 7.2 или 7.3) для соответствующих типов приводов режущего аппарата определить мощность, затрачиваемую на преодоление сил сопротивления резанию.

7.2 Мощность, необходимая для обмолота ( $N_o$ ) и на холостой ход ( $N_x$ ):

$$N_{ма} = N_o + N_x. \quad (7.12)$$

7.2.1 Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивлений от взаимодействия бичей с растительной массой,

$$N_o = \{a_T + b_T [q_{\min}]_{\phi}\} [q_{\min}]_{\phi} u_{\phi}, \quad (7.13)$$

где  $[q_{\min}]_{\phi}$  – секундная подача массы, кг/с;

$a_T$  и  $b_T$  – коэффициенты, зависящие от состояния и сорта культуры и конструктивных параметров молотильного устройства (для барабанно-декового аппарата  $a_T = 100 \dots 120 \text{ Н} \cdot (\text{кг/с})^{-1}$  и  $b_T = 8 \dots 10 \text{ Н} \cdot (\text{кг/с})^{-2}$ ).

Большие значения коэффициентов соответствуют длинносоломистому стеблестую большей влажности и меньшей длине барабана, а меньшие – короткостебельному хлебостую меньшей влажности и большей длине барабана.

7.2.2 Мощность  $N_x$  холостого хода затрачивается на преодоление сил трения в опорах и сопротивление воздуха

$$N_x = a_x u_{\phi} + b_x u_{\phi}^3, \quad (7.14)$$

где  $a_x$  – коэффициент сил трения (для бильных барабанов  $a_x = 0,85 \dots 0,90 \text{ Н}$  на каждые 100 кг массы барабана (масса СК-5 – 250 кг; «ДОН-1500» – 370 кг; «ДОН-1200» и КЗС-7 – 290 кг; «ЛИДА-1300» – 320 кг);

$b_x$  – коэффициент, зависящий от плотности воздуха, формы и размера вращающихся частей барабана (для бильных барабанов  $b_x = 0,055 \dots 0,090 \text{ Нс}^2/\text{м}^2$ ).

7.3 Мощность, необходимая для передвижения комбайна,

$$N_{п} = 10^{-3} P V_{м} / (\eta_{тр} \eta_{\phi}), \text{ кВт}, \quad (7.15)$$

где  $P$  – усилие затрачиваемое комбайном на перекатывание, Н;

$\eta_{тр}$  – КПД трансмиссии ходовой части комбайна ( $\eta_{тр} = 0,87$ );

$\eta_{\phi}$  – коэффициент буксования ( $\eta_{\phi} = 0,95 \dots 0,98$ ).

## Сопротивление перекачиванию

$$P = G_k (f \pm i / 100), \quad (7.16)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению ( $f = 0,07 \dots 0,09$  – стерня после уборки зерновых);

$G_k = m_k g$  – сила тяжести комбайна, кН (приложение А);

$i$  – уклон поля, %.

Масса  $m_k$  комбайна

$$m_k = m_3 + \Delta m, \quad (7.17)$$

где  $m_3$  – эксплуатационная масса комбайна, т;

$\Delta m$  – масса технологического материала, находящегося в бункере и копнителе комбайна, т.

7.4 Мощность  $N_{po}$  затрачиваемая на привод остальных рабочих органов (приложение А).

7.5 Общая потребляемая комбайном мощность на выполнение технологического процесса

$$N_T = N_p + N_{ma} + N_{po} + N_{п.}$$

7.6 Сравнить расчетную потребляемую мощность с мощностью двигателя комбайна и дать заключение.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2.105–95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам : межгосударственный стандарт/ Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Введ. 01.01.1997; Взамен ГОСТ 2.105–79; Взамен ГОСТ 2.906–71. – Минск: Госстандарт, 2004. – 85 с.
2. *Босой, Е. С.* Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е.С. Босой [и др.]. – М. : Машиностроение, 1978. – 461 с.
3. *Кленин, Н. И.* Сельскохозяйственные мелиоративные машины / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – М. : Колос, 1994. – 567 с.
4. *Кленин, Н. И.* Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – М. : Колос, 1980. – 342 с.
5. *Летошнев, М. Н.* Сельскохозяйственные машины: Теория, расчет проектирование и испытание / М. Н. Летошнев. – М.–Л. : Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1955. – 342 с.
6. *Липский, Н. Ю.* Определение основных параметров настройки зерноуборочного комбайна / Н. Ю. Липский. – Мн. : БГАТУ, 2004.– 12 с.
7. *Новиков, А. В.* Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов / А. В. Новиков, Н. Ю. Липский. – Мн. : БИМСХ, 1983.
8. *Размыслович, И. Р.* Практикум по сельскохозяйственным машинам : для с.-х. вузов по спец. «Механизация сельск. хоз-ва» / И. Р. Размыслович [и др.]. – Мн. : Ураджай, 1997. – 381 с.
9. *Сташинский, Р. С.* Лабораторные работы / Р. С. Сташинский, Н. Ю. Липский, Т. П. Галимский. – Мн. : БИМСХ, 1986. – 78 с.
10. *Турбин, Б. Г.* Сельскохозяйственные машины: Теория, конструкция и расчет / Б. Г. Турбин [и др. ]. – М.–Л. : Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1963. – 572 с.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Репозиторий БГАТУ



**Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет АМФ

Специальность 1-74 06 01

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ  
на курсовое проектирование**

Студенту \_\_\_\_\_

**1. Тема проекта:** «Определить основные параметры настройки рабочих органов и производительности зерноуборочного комбайна от условий эксплуатации».

**2. Сроки сдачи студентом законченного проекта** «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

**3. Исходные данные к проекту:** Марка зерноуборочного комбайна \_\_\_\_\_; Убираемая культура \_\_\_\_\_; урожайность зерна \_\_\_\_\_ ц/га; коэф. солоmistости хлебной массы \_\_\_\_\_; абсолютная влажность хлебной массы \_\_\_\_\_ %; коэф.использования пропускной способности молотильного аппарата \_\_\_\_\_; допустимая удельная нагрузка на единицу длины бича \_\_\_\_\_ кг/м·с; коэф. сепарации зерна декой \_\_\_\_\_; средняя высота хлебостоя \_\_\_\_\_ м; отклонение средней высота хлебостоя \_\_\_\_\_ м; средняя высота среза хлебной массы \_\_\_\_\_ м; отклонение средней высоты среза хлебной массы \_\_\_\_\_ м; радиус мотвила \_\_\_\_\_ м; угол наклона соломотряса \_\_\_\_\_ град.; частота вращения коленчатого вала соломотряса \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>; радиус коленчатого вала соломотряса \_\_\_\_\_ м; показатель кинематического режима работы соломотряса \_\_\_\_\_.

**4. Литература, ГОСТы и другие нормативные материалы** \_\_\_\_\_

**5. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):** Введение. 1. Анализ показателей технологического процесса зерноуборочного комбайна. 2. Определение пропускной способности молотильного аппарата, соломотряса, очистки и поступательной скорости комбайна. 3. Параметры настройки мотвила в зависимости от состояния хлебостоя. 4. Анализ работы режущего аппарата. 5. Мощность, затрачиваемая комбайном на выполнение технологического процесса.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.**

**ПРИЛОЖЕНИЯ.**

**6. Перечень графических материалов:** 1. Алгоритм расчета производительности зерноуборочного комбайна для заданных условий уборки – А<sub>4</sub> 2. Схема для определения показателей работы мотвила – А<sub>3</sub>. 3. Схема к определению перемещения соломы по соломотрясу – А<sub>3</sub>. 4. Графическое определение скорости резания – А<sub>4</sub>. 5. Построение траектории перемещения сегмента ножа режущего аппарата – А<sub>4</sub>. 6. Построение графика пробега активной части лезвия сегмента и диаграммы высоты стерни – А<sub>2</sub>. 7. Структурная схема технологического процесса зерноуборочного комбайна – А<sub>4</sub>. 8. Схема технологического процесса зерноуборочного комбайна – А<sub>2</sub>.

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_ 200\_\_ г

Руководитель \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Задание принял к исполнению (дата) \_\_\_\_\_ (Подпись студента) \_\_\_\_\_

Примечание. Это задание прилагается к законченному проекту и вместе с проектом представляется при сдаче проекта.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**Справочные данные для расчета технологического  
процесса работы зерноуборочных комбайнов**

Показатели	СК-5М «НИВА»	«ДОН-1200»	«ДОН-1500»	КЗС-7	ЛИДА-1300
$N_{дв}$ , кВт	88,2	102,9	162	132	179
$q_{нз}$ , кг/с	4...5	6...7	8...10	7...8	7,5...8,4
$q_0$ , кг/м·с	0,35...0,5	0,6...0,7	0,6...0,7	0,6...0,7	0,6...0,7
$N_{ро}$ , кВт	с копн.	10...12,5	13...15,5	18...22	
	с измел.	24...27	27...30	37...45	27...30 55...60
$m_3$ , кг	8000	8700	13400	11600	11330
$\Delta m$ , кг	2200–2700	3100–3700	4200–5200	4000	5000
$m_б$ , кг	250	370	290	290	320
$\eta_{тр}$	0,83...0,88	0,7...0,85	0,7...0,85	0,7...0,85	0,7...0,85
$\eta_б$	0,02...0,05	0,02...0,05	0,02...0,05	0,02...0,05	0,02...0,05
$\varepsilon$	0,8...0,9	0,85...0,95	0,85...0,95	0,85...0,95	0,88...0,95
$\alpha^\circ$	–	18		–	–
$m$	0,8...1,2				
$k_0$	при $w = 14\% - k_0 = 0,8$ ; при $w > 15\% - k_0 = 0,8...0,9$				
$V_{м доп}$ , м/с	0,8...2,2				
$\Delta L_{ср}$ , м	$\pm 0,2...0,3$				
$\Delta h_{ср}$ , м	$\pm 0,05$				
$V_v$ , м/с	см. график				
$\varepsilon'$	1,0...1,7 (на коротком стеблестое – меньшие значения, на длинном – большие)				
$m_0$	2,0...2,2				
$f$	0,25...0,30				
$a_x$ , Н	0,85...0,90 на каждые 100 кг массы барабана				
$b_x$ , Нс <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	0,055...0,090				
$a_T$ , Н·(кг/с) <sup>-1</sup>	100...120				
$b_T$ , Н·(кг/с) <sup>-2</sup>	8...10				
$f_{кач}$	0,07...0,09 (по стерне)				
$w$	нормальная влажность 14...15		средняя влажность 16...17		высокая влажность 18...26
	низкостебельные культуры < 0,4		среднестебельные культуры 0,4...0,8		длинностебельные культуры > 0,8
$L_{ср}$ , м					
$\beta$	пшеница 0,5...0,6		рожь 0,65...0,75		ячмень, овес 0,48...0,52
	для пшеницы с урожайностью				
$\sigma$	19 ц/га		40 ц/га		80 ц/га
	0,5		1,0		1,5

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Параметры рабочих органов зерноуборочных комбайнов

Параметры рабочих органов комбайнов	«Дон-1200»	«Дон-1500»	СК-5А «НИВА»	КЗС-7	ЛИДА-1300
$B$ , м	5; 6; 7; 8,6	6; 7; 8,6	4; 5; 6	6	3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6
$R$ , м	0,566	0,566	0,566	0,566	0,539
$Z$ , шт.	5	5	5	5	6
$n_{\min}$ , МИН <sup>-1</sup>	15	15	15	16	5
$n_{\max}$ , МИН <sup>-1</sup>	49	49	52	45	49
$H_{\min}$ , м	0,15	0,15		0,3	
$H_{\max}$ , м	1,2	1,2	0,46	0,54	
$C_{\min}$ , м	0,25	0,25		0,16	
$C_{\max}$ , м	0,64	0,64	0,38	0,42	
$n_n$ , МИН <sup>-1</sup>	473	473	480	605	605
$h_{\min}$ , м – без копирования	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
$h$ , м – с копированием	0,05; 0,10; 0,145; 0,185	0,05; 0,10 0,145; 0,185	0,05; 0,10; 0,13; 0,18	0,55; 0,9; 0,12; 0,16; 0,195	0,04; 0,07; 0,10; 0,13
$h_{\max}$ , м – без копирования	1,113	1,113	0,95	0,80	
$S$ , мм	88	88	76,2	85	85
$D_b$ , м	0,80	0,80	0,60	0,80	0,60
$L_b$ , м	1,1184	1,484	1,2	1,2	1,3
$M_b$ , шт	10	10	8	10	8
$n_{b\min}$ , МИН <sup>-1</sup>	517	517	760	422	640
$n_{b\max}$ , МИН <sup>-1</sup>	954	954	1235	980	1200
$Z_{кл}$ , шт.	4	5	4	4	5
$B_c$ , м	1,1184	1,484	1,2	1,2	1,284
$L_c$ , м	4,1	4,1	3,66	4,1	3,65
$n_c$ , МИН <sup>-1</sup>	199	199	195		
$r_c$ , м	0,06	0,06	0,055	0,06	0,06
$\alpha$ , град.	12	12	12	12	
$B_p$ , м	1,168	1,468	1,018	1,168	1,290
$L_p$ , м	1,3	1,4	1,140	1,011	1,88
$F_p$ , м <sup>2</sup>	2,982	3,91	2,71	3,86	4,21

Учебное издание

**Ходосевич Валерий Иванович, Радишевский Генрих Андреевич,  
Кузьмицкий Александр Васильевич**

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ

*Учебно-методическое пособие*

Ответственный за выпуск А. А. Шупилов  
Редактор Н.А. Антипович  
Компьютерная верстка А. И. Стебуля

Подписано в печать 16.06.2010 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 6,97. Уч.-изд. л. 2,72. Тираж 85 экз. Заказ 566.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».

ЛИ № 02330/0552841 от 14.04.2010.

ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.

Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.