

Е.В.Герасимов, С.А.Овсянников, Г.Г. Шматко



*ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И
ОБОРУДОВАНИЯ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

УДК 631.354.2(075.8)

ББК 40.728 я 7

О 624

Составители:

Е.В.Герасимов, С.А.Овсянников, Г.Г. Шматко

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технического сервиса, стандартизации и метрологии» *Р. В. Павлюк*

О 624 ***Проектирование сельскохозяйственных машин и оборудования в растениеводстве:*** методические указания / Е.В.Герасимов, С.А.Овсянников, Г.Г. Шматко; Ставропольский государственный аграрный университет. - Ставрополь: АГРУС, 2023. - 26 с.

Методические указания содержат сведения о ее структуре, содержании, объёме, приводятся рекомендации по оформлению разделов работы, основные требования, предъявляемые к рабочим органам зерноуборочных машин, методика инженерных расчётов параметров их рабочих органов.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям: 35.04.06 - «Агроинженерия».

УДК 631.354.2(075.8)

ББК 40.728 я 7

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета Ставропольского государственного аграрного университета (протокол №3 от 20.03.2023).

© ФГБОУ ВО СтГАУ, 2023

Введение

В общем комплексе работ по возделыванию зерновых культур наиболее сложным и трудоемким процессом является уборка. При этом основным техническим средством уборки зерновых, культур во всем мире остаются зерноуборочные комбайны. Они постоянно совершенствуются в конструктивном и технологическом плане.

Зерноуборочный комбайн - это рациональная мобильная технологическая линия с комплексной текущей механизацией всех операций: от скашивания хлебостоя (подбор валков) к выгрузке очищенного зерна непосредственно в поле. Выбор технологии сборки НЧУ зависит от дальнейшего ее использования. Вместе с традиционным комбайновым способом уборки хлебов присущи существенные недостатки, которые побуждают специалистов к поиску "некомбайновых" технологий. Однако до сих пор не разработана технология, которая могла бы конкурировать с комбайновой [1].

Основная цель совершенствования конструкций зерноуборочных комбайнов - это улучшение удобства эксплуатации и повышения их технического уровня благодаря уменьшению потерь и травмирования зерна, увеличению производительности, обеспечению стабильного протекания технологического процесса, созданию комфортных и безопасных условий работы, уменьшению негативного воздействия на почву, широкому применению цифровых технологий. Приобретает все большую актуальность применение GPS-навигации [4,5], систем картирования урожайности и других способов автоматизации уборочных работ. Совершенствуются как комбайны с традиционными молотилками тангенциального типа, так и с аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системой. Анализ европейского рынка зерноуборочных комбайнов показывает, что по-прежнему доминируют в продаже усовершенствованные комбайны с классической схемой молотилки. У них интенсифицирован процесс сепарации зерна в зоне обмолота, уменьшена нагрузка на комбайнера, повышен уровень энергонасыщенности. Все это направлено на сокращение потерь и повышение производительности труда на уборке урожая зерновых культур [6].

Цель курсовой работы - закрепление и углубление полученных за время обучения знаний по устройству зерноуборочного комбайна и влиянию конструктивных и технологических параметров на качество его работы.

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Курсовая работа должна содержать:

- расчетно-пояснительную записку объемом 25-30 страниц рукописного текста формата А4.
- графическую часть - два листа формата А3.

Содержание графических работ:

1. Графические построения по мотовилу - 1 лист формата А3.
2. Графические построения по режущему аппарату - 1 лист формата А3.

Все построения выполнить в стандартном масштабе с учетом результатов выполненных расчетов.

Исходные данные для расчетов:

1. Радиус мотовила $r, м$
2. Высота стеблестоя $L, м$
3. Высота установки режущего аппарата $H, м$
4. Число планок мотовила $z, шт$
5. Ход ножа $S, мм$
6. Частота вращения кривошипа привода ножа - $n, с^{-1}$
7. Подача хлебной массы $q, кг / с$
8. Урожайность культуры $A, т / га$
9. Соломистость убираемой массы β

СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Введение

1. Мотовило: требования, определение коэффициента взаимодействия его с режущим аппаратом.

2. Режущий аппарат: требования, определение относительных скоростей начала и конца резания стеблей, построение графика пробега активной части режущих кромок сегмента, построение графика высоты стерни и определение величины потерь срезаемой массы.

3. Определение ширины захвата жатки.

4. Шнековый транспортер жатки: требования, определение геометрических параметров шнека.

5. Уплотнительные устройства жатки.

6. Молотильный аппарат: требования, определение конструктивных параметров барабана, деки, отбойного битера, отсекателя, уплотнительных устройств.

7. Очистка: требования, определение конструктивных параметров решет, удлинителя верхнего решета, скатной доски колосового шнека.

8. Вентилятор очистки: требования, определение конструктивных параметров, расположение решет относительно вентилятора.

9. Копнитель: требования, определение конструктивных параметров, положение переднего конца днища отсекавателя соломонабивателя и щитка сброса соломы.

10. Бункер: требования, определение конструктивных и технологических параметров.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Мотовило (рис. 1)

1.1. Требования к мотовилу [7]:

- стебли должны срезаться при воздействии планок мотовила, чтобы не допускать потерь срезанными колосьями за счет падения их на землю;
- при входе в хлебную массу планка мотовила не должна вымолачивать и отбивать колосья;
- при воздействии мотовила на стебли, срезанная часть их не должна теряться на землю, переваливаясь через планку;
- планки мотовила должны эффективно очищать режущий аппарат от срезанных стеблей, предупреждая самопроизвольное падение их на землю;
- планки мотовила должны прижимать срезанные стебли к виткам шнека, чтобы предотвратить порционную подачу массы и исключить потери срезанных стеблей за счет столкновения их на землю, а также предотвратить потери зерна в полову и солому из-за временных перегрузок молотильного аппарата, соломотряса и очистки.

1.2. Показатель кинематического режима

С учетом выполнения 2-го и 3-го требований к мотовилу, кинематический режим λ определить из выражения:

$$\lambda = \frac{r}{r - l_{\text{ц}}} \quad (1)$$

где r - радиус мотовила;

$l_{\text{ц}}$ - расстояние от центра тяжести срезанной части стебля до его вершины, м.

$$l_{ц} = \frac{l^2}{1.6(1+l)} \quad (2)$$

где l - длина срезанной части стебля, $l=L-H$, м.

1.3. Построение траектории движения концов 4-х смежных планок мотовила.

На листе формата A_2 в масштабе $\mu_s = 5 \text{ мм/мм}$ нанести линии: поверхность поля, движения режущего аппарата, высоты стебле-стоя, а также движения вала мотовила, приняв величину $h=1-l_{ц}+r$

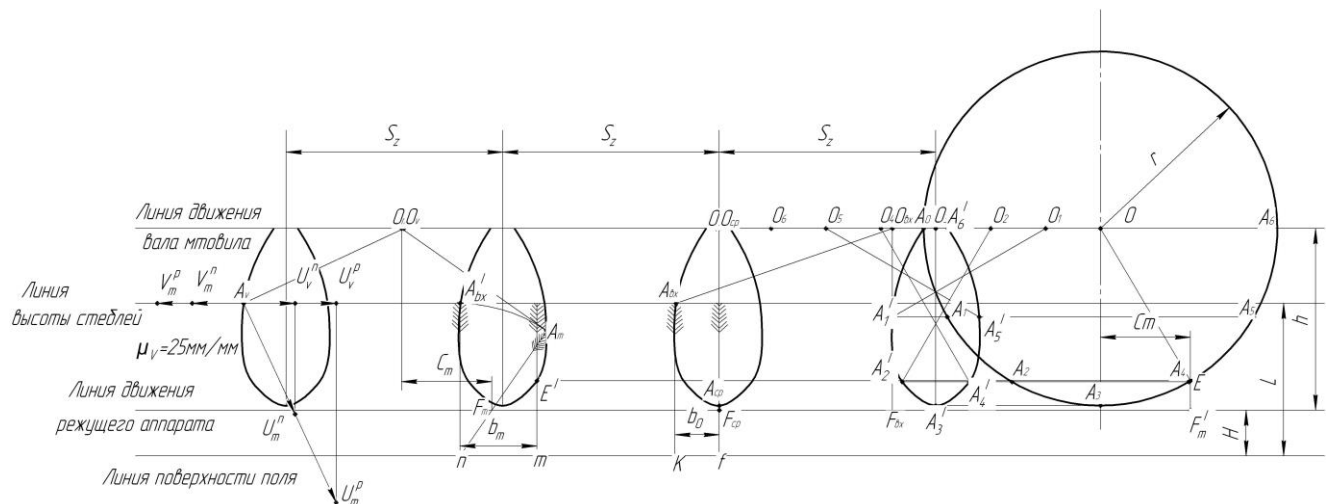


Рисунок 1. Графическое построение по мотовилу.

Провести окружность радиуса заданного r с центром в точке O , которую принять за траекторию относительного перемещения конца планки мотовила.

Построить траекторию абсолютного перемещения конца планки мотовила, геометрически складывая перемещения переносное и относительное.

Из точки O отложить влево точки $O_1, O_2, O_3 \dots O_6$ - положение вала мотовила в переносном движении через каждые $1/6$ полуоборота, расстояние между которыми $O_0O_1, O_1O_2 \dots$ равно $\pi r / 6\lambda$.

Разделить нижнюю полуокружность на 6 равных частей и точки деления обозначить $A_0, A_1 \dots A_6$ - положение конца планки через каждые $1/6$ полуоборота вала в относительном перемещении.

За время $1/6$ полуоборота вала мотовила конец планки в относительном движении пройдет путь A_0A_1 , а в переносном - $A_1A_1' = O_0O_1$, с учетом того, что $A_1A_1' \parallel O_0O_1$. Следовательно, в абсолютном перемещении конец планки мотовила окажется в точке

A'_1 .

За время $2/6$ полуоборота вала конец планки в относительном движении окажется в точке A_2 , а в абсолютном - в точке A'_2 . Таким же образом определяют положение конца планки в абсолютном перемещении через $3/6$, $4/6$, $5/6$ полуоборота вала. И, наконец, через полуоборот вала конец планки займет в относительном движении положение точки A_6 , а в абсолютном - точки A'_6 .

Последовательно проводя через точки $A'_0, A'_1 \dots A'_6$ плавную кривую, получают траекторию абсолютного перемещения конца планки мотвила (рис.2).

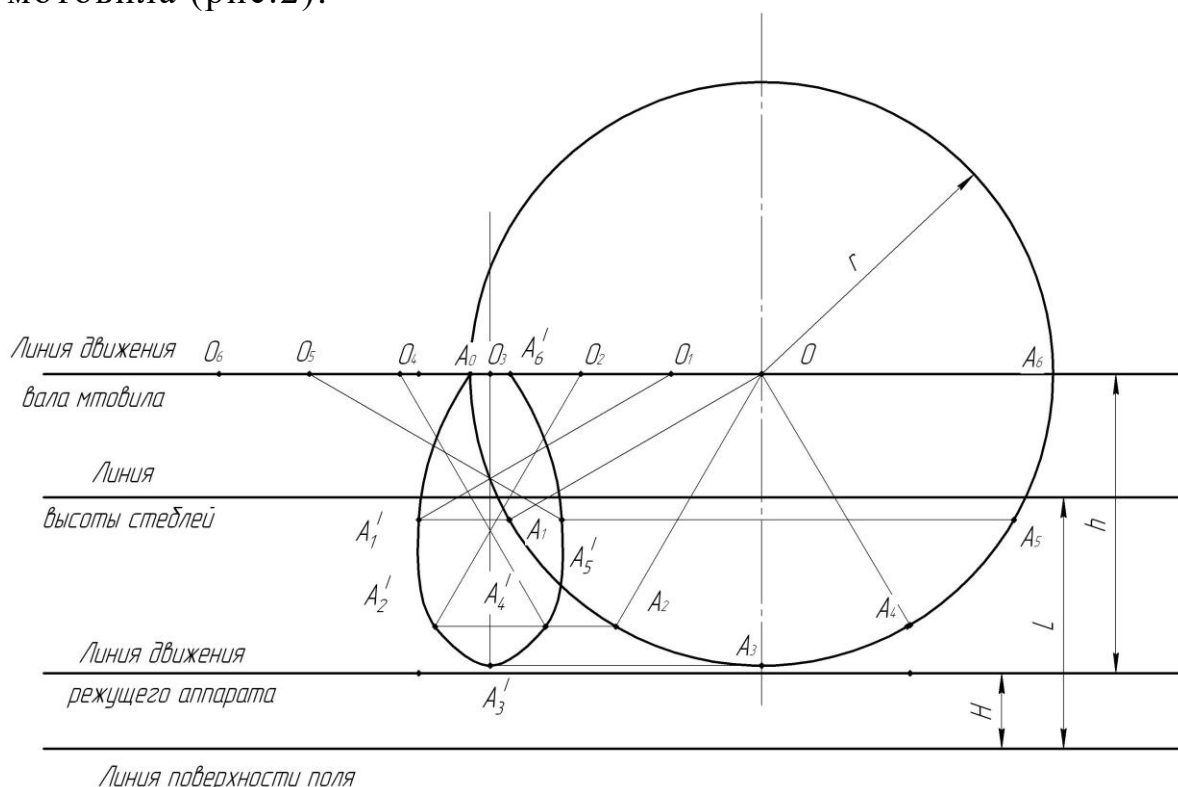


Рисунок 2. Построение траектории движения конца планки мотвила.

Методом подобия построить еще 3 петли циклоид, образованных смежными планками при их последовательном вхождении в хлебную массу, с расстоянием между их осями симметрии $S_z = 2\pi r / \lambda z$, где z - число планок мотвила.

1.4. Определение к. п. д. мотвила

К. п. д. мотвила, т. е. коэффициент взаимодействия мотвила с режущим аппаратом, характеризуется отношением полосы стеб-

лей b^d , срезаемых режущим аппаратом при воздействии планки мотвила, к полоске S_z срезанных стеблей до входа смежной планки в хлебную массу[2]:

$$\eta = \frac{b^d}{S_z}$$

Полоска b^d равна:

$$b^d = \varepsilon b = \frac{\lambda}{\lambda - \mu} b,$$

где ε - коэффициент, учитывающий взаимодействие стеблей;

b - ширина полоски стеблей на редком хлебое;е;

μ - показатель относительного уплотнения хлебной массы в зависимости от густоты и толщины стеблей; он находится в пределах $\mu = 0 \dots 1$. Принять $\mu = 0.5$.

1.4.1. Определение к. п. д. мотвила при установке его вала над режущим аппаратом

На 2-й петле циклоиды нанести положение луча $O_{ax}A_{ax}$ и ножа F_{ax} в момент входа планки в хлебную массу (Рис. 3).

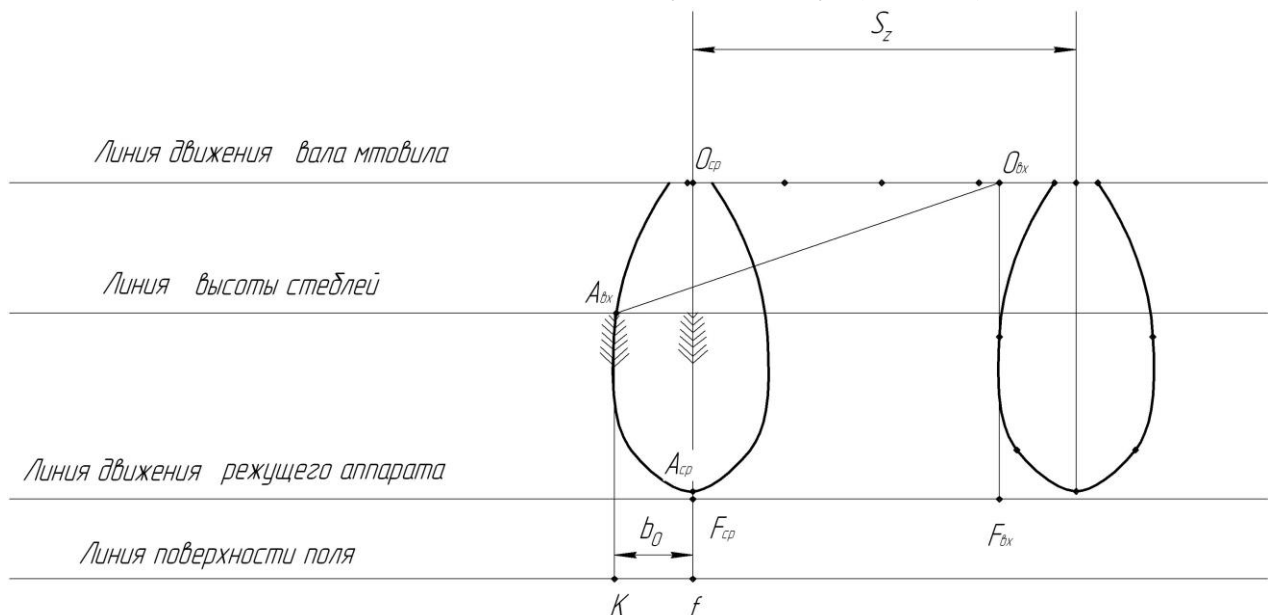


Рисунок 3. Определение к. п. д. мотвила при установке его вала над режущим аппаратом.

Стебель $A_{ax}K$ - начало полосы стеблестоя, захватываемой планкой. Конец планки в абсолютном движении смещается вниз-назад, а нож вперед. В момент, когда на одной вертикали окажутся

вал мотвила O_{cp} , конец планки A_{cp} и режущий аппарат F_{cp} , первым стеблем, который срежется при воздействии планки, будет $A_{cp}f$. Последним стеблем, срезаемым при воздействии мотвила, будет $A_{ax}K$, т.е. тот стебель, который был захвачен планкой первым. Следовательно, ширина полоски хлебной массы, которая срезается режущим аппаратом при воздействии мотвила будет b_0 . Но при этом не учтена толщина стеблей и густота их стояния. Если это учесть, то действительная ширина полоски $b_0^d = \epsilon b_0$ $b_0^d = \epsilon b_0$, а к. п. д. мотвила

$$\eta_0 = \frac{b_0^d}{S_z} = \frac{\epsilon b_0}{S_z}$$

1.4.2. Определение к. п. д. мотвила при установке его вала с максимально допустимым выносом относительно режущего аппарата

На 3-й петле циклоиды нанести положение верхушки первого захваченного мотвилем стебля A'_{bx} и с помощью циркуля радиусом L его же в момент выскользывания из-под планки (т. A_m) (рис. 4).

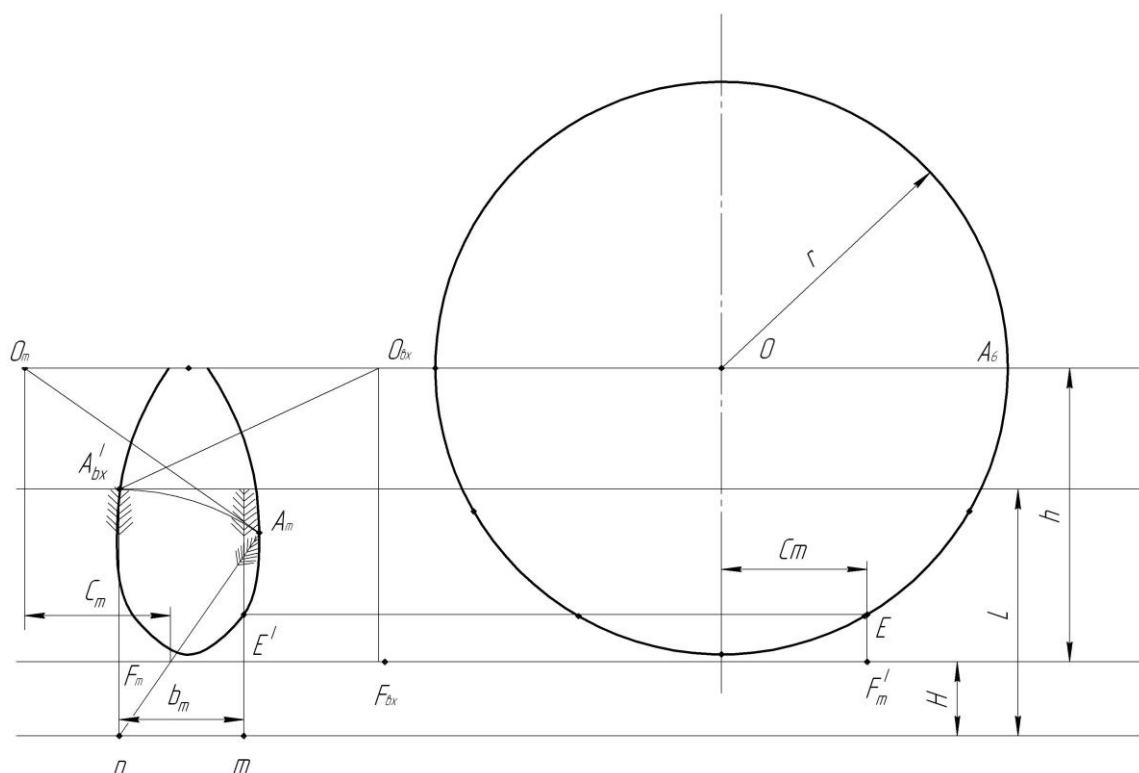


Рисунок 4. Определение к. п. д. мотвила при установке его вала с максимально допустимым выносом относительно режущего аппарата.

В этот момент вал мотвила займет положение O_m , полученное с помощью циркуля, радиусом $A_m O_m = r$. В таком положении стебля режущий аппарат должен успеть его срезать, т.е. должен располагаться в точке F_m . Максимально допустимый вынос вала мотвила s_m окажется между вертикалями, проведенными через точки O_m и F_m .

От вертикали, проведенной через точку O_o , отложить вправо S_m и отметить точку F'_m - положение ножа. Тогда $O_o E$ в относительном перемещении представляет собой положение луча в момент среза первого стебля. Перенести точку E на траекторию планки в абсолютном перемещении в точку E' . Тогда E'_m будет первым стеблем, срезаемым режущим аппаратом при воздействии мотвила. Так как последним срезанным стеблем будет $A'_{ax} n$, то ширина полоски, срезаемой при воздействии и мотвила, будет b_m . Если же учесть толщину стеблей и густоту их стояния, то действительная ширина полоски $b_m^d = \epsilon b_m$, а действительный к. п. д.

$$\eta_m = \frac{b_m^d}{S_z} = \frac{\epsilon b_m}{S_z}.$$

1.5. Определение максимально допустимой скорости V_m жатки

На 4-й петле циклоиды нанести положение луча $O_v A_v = r$ в момент входа планки в хлебную массу (рис.5).

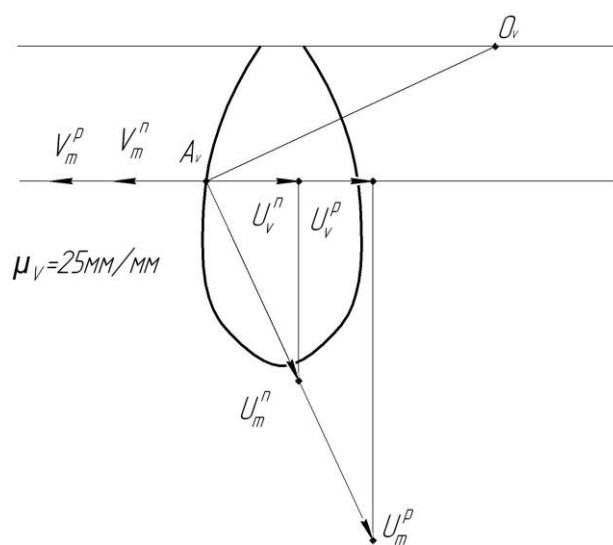


Рисунок 5. Определение максимально допустимой скорости V_m жатки.

Из точки A_v провести в произвольном масштабе векторы максимально допустимой окружной скорости планки из условия выполнения 2-го требования, равные $U_m^n = 2$ м/с на прямом комбайнировании и $U_m^p = 3.6$ м/с при кошении хлебов в валок и спроецировать их на направление вектора V переносной скорости жатки.

Для выполнения 2-го требования к мотовилу необходимо, чтобы планка входила в хлебную массу вертикально, т.е. с абсолютной скоростью в направлении перемещения жатки, равной нулю. С учетом этого требования максимально допустимая скорость жатки будет равна на прямом комбайнировании $V_m^n = U_v^n$, а при кошении в валок $V_m^p = U_v^p$.

2. Режущий аппарат

2.1. Требования к режущему аппарату[7]:

- для качественного среза стеблей скорость резания должна быть не менее 1,2 м/с для срезания трав и 0,8 м/с - для хлебов;
- потери растений за счет повышенного и двойного среза должны быть минимальными;
- для снижения энергоемкости процесса и повышения износостойкости рабочих органов режущего аппарата сопротивление среза должно быть минимальным.

2.2. Относительные скорости начала и конца резания стеблей

По исходным данным и рис. 6 вычертить сегмент и два пальца на листе формата A_3 в масштабе $\mu_s = 0,5$ мм/мм. При этом осевые линии двух смежных пальцев NN и сегмента в его крайних положениях MM провести через весь лист (рис. 9). В случае, если $S=t_0$, осевые линии NN и MM совмещаются.

Срез растений сегментом при его движении вправо (рис. 7) осуществляется рабочей кромкой A_0B_0 . Начинается срез, когда точка A_0 подойдет к левой рабочей кромке правого пальца, а заканчивается при подходе точки B_0 к той же рабочей кромке. Чтобы определить, какова была скорость сегмента в момент начала и конца резания, построить график скорости точки A_0 сегмента в зависимости от ее относительного перемещения по пальцевому брусу. Для этого от точки A_0 радиусом $r = 1/2 \cdot S$ находят точку O и проводят из нее полуокружность $A_0A'_0$.

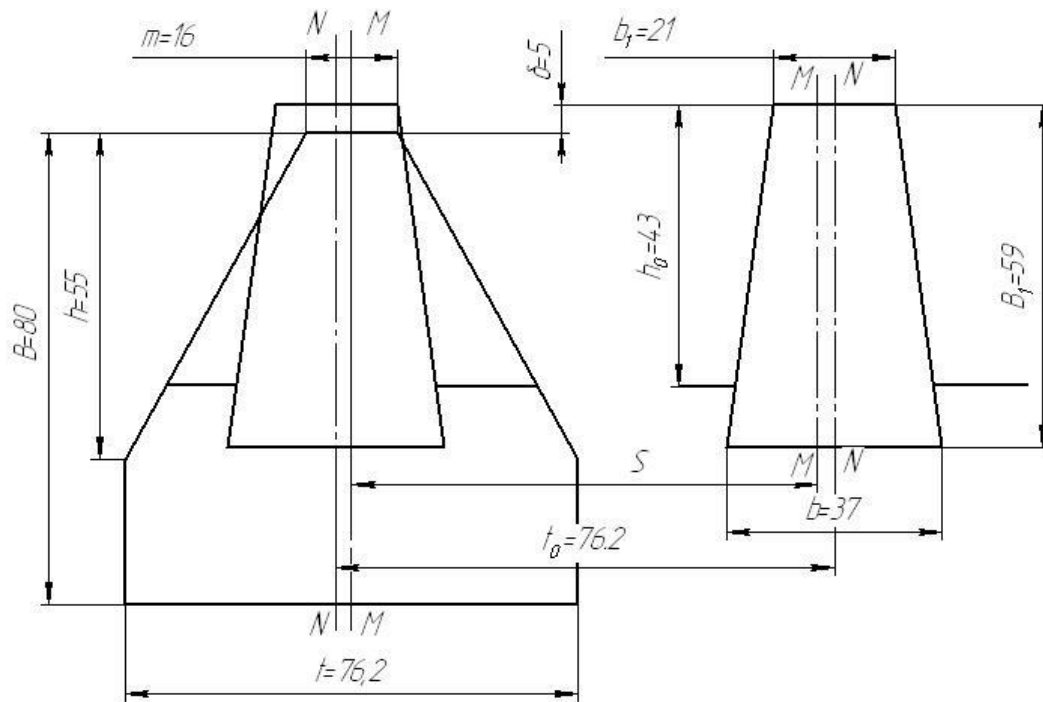


Рисунок 6. Геометрические параметры сегмента и пальца режущего аппарата.

Принять точку A_0 за начало прямоугольной системы координат. По оси абсцисс отметить путь относительного перемещения точки A_0 , а по оси ординат - соответственно этому перемещению относительную скорость V .

Точка A_0 в относительном перемещении совершает гармонические колебания. Если построить график $V=f(x)$ в масштабе $\mu_v = \omega$ м/с на 1 мм, то данный график принимает вид ранее вычерченной полуокружности $A_0A'_0$.

Из графика $V=f(x)$, учитывая, что угловая скорость кривошипного вала $\omega = \pi n / 30$, получим:

$$\text{скорость начала резания } V_n = (A_n V_n) \pi n / 30, \text{ м/с;}$$

$$\text{скорость конца резания } V_k = (A_k V_k) \pi n / 30, \text{ м/с;}$$

здесь $A_n V_n$ и $A_k V_k$ представляют в метрах.

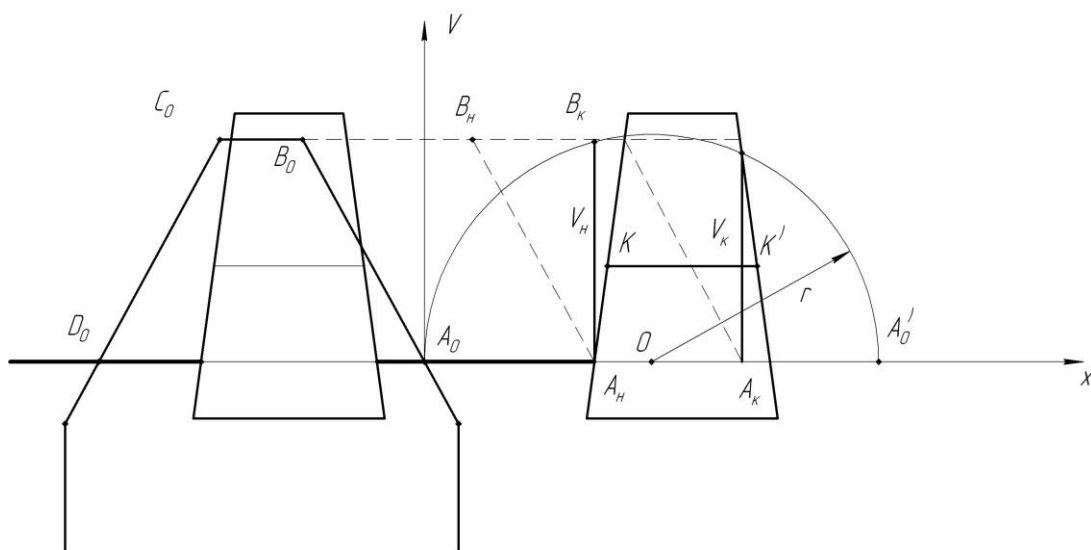


Рисунок 7. Определение скорости сегмента в момент начала и конца резания.

2.3. График пробега активной части режущих кромок сегмента (рис. 8)

Так как рабочая кромка противорежущей пластины пальца $A_H B_K$ не параллельна оси NN , то срез стеблей от этой оси будет происходить на разном расстоянии. Для упрощения решения поставленной задачи (в учебных целях) вместо формы рабочей части пальца в виде трапеции $A_H B_K B' A'$ вычертить равновеликий прямоугольник с шириной, равной величине средней линии KK' трапеции и считать противорежущую пластину в виде прямоугольника шириной $b_{cp} = KK'$.

Провести режущие кромки левого и правого упрощенных пальцев вдоль всего листа, отложив от осевых линий NN величину равную $1/2 b_{cp}$

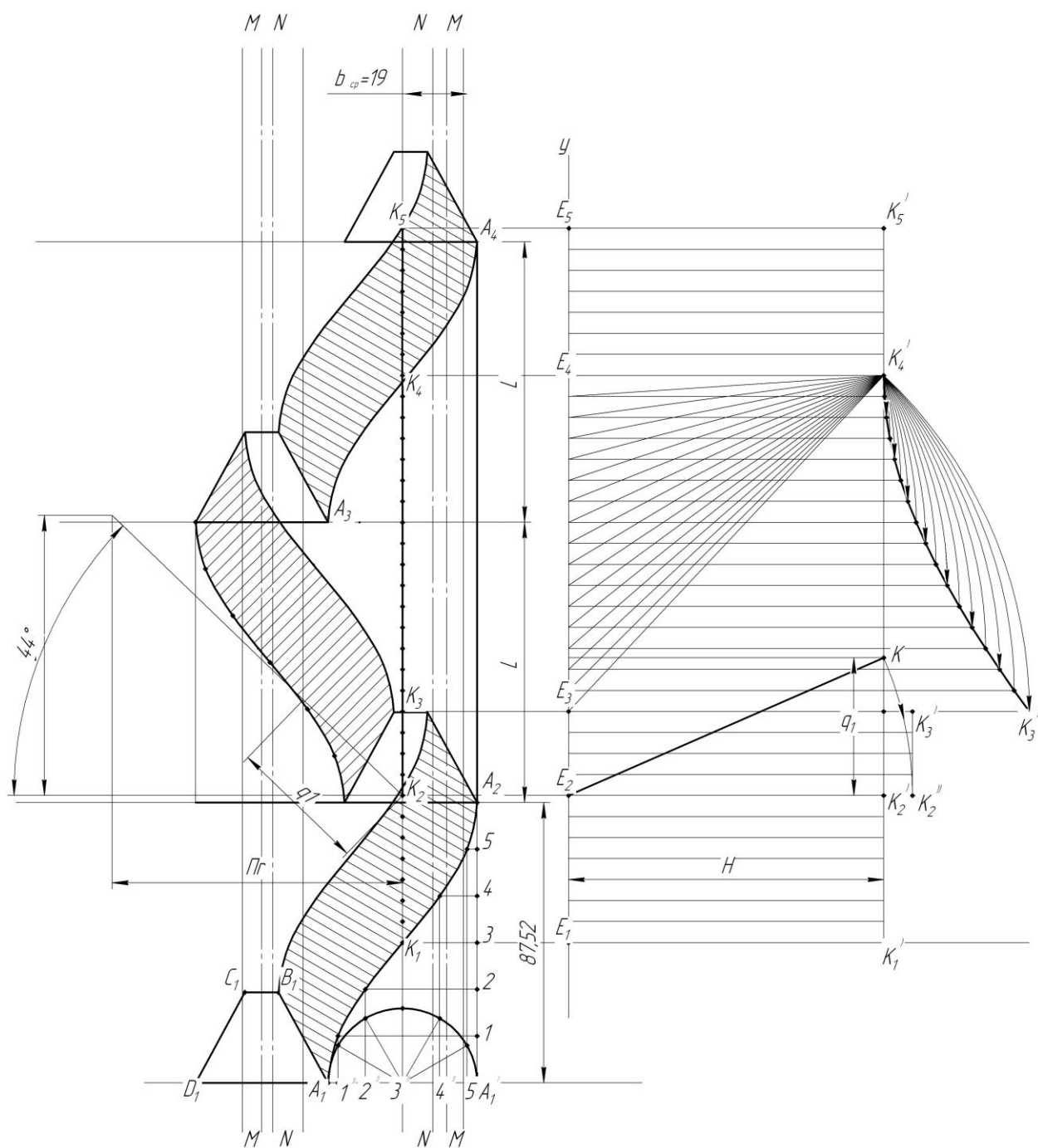


Рисунок 8. Построение графика пробега активной части режущих кромок сегмента и графика высоты стерни.

Начертить положение активной части сегмента $A_0B_0C_0D_0$ в 4-х последовательных крайних положениях в абсолютном движении, учтя, что в переносном движении сегмент перемещается на величину подачи $L = V \cdot 30 / n$ за время движения сегмента из одного крайнего положения в другое. Здесь переносную скорость V принять равной V_m^n - максимально допустимой скорости жатки при прямом комбайнировании, определенной при расчетах мотовила.

Определить, какие стебли и где будут срезаться при движении

рабочих кромок сегментов A_0B_0 и C_0D_0 при их перемещении из одного крайнего положения в другое за три взмаха ножа (полтора оборота кривошипа).

Радиусом $A_1Z''=r$ (см. рис. 8) вычертить полуокружность, которая представляет собой траекторию относительного движения пальца кривошипа привода ножа, повернутую на 90° . Разделить эту полуокружность на 6 равных частей и спроецировать точки деления на ось OX - направление относительного перемещения ножа, обозначив проекции точками $1'', 2'', \dots, 5'', A_2$.

Так как радиус кривошипа механизма привода ножа во много раз меньше длины шатуна, то за траекторию движения ножа можно принять проекцию пальца кривошипа на направление оси OX - траекторию относительного перемещения ножа.

Нож через $1/6$ полуоборота кривошипа в относительном движении переместится на величину $\dot{A}_1 1''$, а в переносном - на величину $1'' 1' = \dot{A}_1 1$. Следовательно, через $1/6$ полуоборота кривошипа нож (т. A_1) в абсолютном движении займет положение точки $1'$.

За время $2/6$ полуоборота кривошипа нож в относительном перемещении займет положение точки $2''$, а в абсолютном - точки $2'$. Таким же образом определяют положение ножа в абсолютном перемещении через $3/6, 4/6, 5/6$ полуоборота кривошипа. И, наконец, через пол оборота кривошипа нож в относительном движении пройдет путь $A_1 A_1'$, а в переносном - $\dot{A}_1 \dot{A}_2$.

Последовательно, проводя через точки $\dot{A}_1, 1' \dots \dot{A}_2$ плавную кривую, получают траекторию абсолютного перемещения точки A_1 режущей кромки сегмента.

С помощью шаблона, снятого с кривой $\dot{A}_1 \dot{A}_2$, нанести траекторию движения крайних точек режущих кромок сегмента за три взмаха ножа. Заштриховать площадки, которые пробегают рабочие кромки сегмента в абсолютном перемещении. Стебли, расположенные на этих площадках, срезаются у противорежущих пластин пальцев. Выяснить, какие площадки режущие кромки сегмента пробегают дважды, а какие не пробегают вовсе и объяснить, как на этих площадках происходит срез стеблей.

2.4. Построение графика высоты стерни

Высота стерни для разных растений будет не одинаковой и зависит от их расстояния до пальцев, т.к. растения срезаются с разной величиной отгиба в сторону пальца. Для упрощения решения задачи (в учебных целях) вычертить график высоты стерни лишь

тех стеблей, которые расположены по линии перемещения левой кромки правого пальца (см. рис. 8) и на этой линии поместить стебли через 5...10 мм (в зависимости от подачи L).

Ось OY - путь сегмента в переносном движении, на графике (см. рис. 8) расположить по направлению движения режущего аппарата, а начало координат - точку E_1 - в поперечном направлении так, чтобы в масштабе $\mu_s = 1$ мм/мм график расположился в пределах чертежа. Ось ON высоты стерни отложить вправо.

По характеру среза выделить три группы стеблей: 1-я группа - K_1K_2 ; 2-я группа - K_2K_3 ; 3-я группа - K_3K_4 .

Стебли 1-й группы срезаются без отгиба и высота оставленной ими стерни H_1 равна высоте H установки режущего аппарата относительно поверхности поля.

Стебли 2-й группы отклоняются влево-вперед и срезаются у правой кромки левого пальца, отклонившись на величину отгиба q_1 , который принято называть поперечным. Из точки K_2 (см. рис. 8) построить прямоугольный треугольник со сторонами πr и L. Гипотенуза этого треугольника отметит угол θ действительного усредненного направления поперечного отгиба стебля величиной q_1 . Из точки K'_2 (см. рис. 10) отложить величину q_1 . Гипотенуза E_2K построенного треугольника E_2K_2K отметит положение стерни в момент среза стебля, а после среза, за счет жесткости, верхушка (точка K) опишет дугу радиусом E_2K и займет положение E_2K'' . Остальные стебли в пределах K_2K_3 (см. рис. 8) будут иметь такую же высоту стерни.

Стебли 3-й группы, расположенные на отрезке K_3K_4 (см. рис. 8), отклоняются вперед и срезаются пучком в точке K'_4 . Такой отгиб называют продольным. Наибольшая его величина будет у стебля $E_3K'_4$, равная q_2 . Начертить стебли в момент среза в точке K'_4 (см. рис. 8), а также выпрямленные за счет их жесткости, с помощью циркуля. Соединить верхушки выпрямленной стерни плавной кривой для получения графика высоты стерни 3-й группы стеблей.

За точкой K_4 (см. рис. 8) цикл повторяется.

Таким образом, ломаная линия $K'_1K'_2K''_2K'_3K''_3K'_4$ представляет собой график высоты стерни выбранного рядка растений. Для другого рядка он будет другим, т.к. величины поперечного q_1 и продольного q_2 отгибов стеблей окажутся иными. При этом надо учесть, что форма графика высоты стерни может оказаться, в зависимости от исходных данных, несколько отличной от графика, изображенного на рисунке 3в. Точка K''_3 может оказаться ниже K'_3 .

2.5. Определение величины потерь массы стеблей

Как следует из анализа графиков (см. рис. 8), высота стерни 2-й и 3-й групп растений превышает высоту H установки режущего аппарата относительно поверхности поля, обуславливая потери массы из-за отгиба стеблей. Величину потерь оценивают превышением ΔH_i растений на участке E_1E_4 , в сравнении с H , с помощью среднего превышения $\Delta H_{\text{ср}}$.

Величину $\Delta H_{\text{ср}}$ определить методом ординат, суммируя превышения ΔH_i каждого стебля, а затем разделив эту сумму на общее число стеблей в пределах отрезка E_1E_4 , учтя, что превышение ΔH_i на отрезке E_1E_2 равно нулю.

В общем виде построения по режущему аппарату выполняются так, как показано на рис. 9

3. Ширина захвата жатки

$$B = \frac{q(1-\beta)}{0.1AV_m^n}, \text{ м,}$$

где q - заданная подача хлебной массы, кг/с;

β - заданный коэффициент соломистости;

V_m^n - максимально допустимая скорость жатки на прямом комбайнировании, м/с;

A - заданный урожай зерна, т/га.

4. Шнековый транспортер жатки

4.1. Требования к шнековому транспортеру:

- непрерывность потока хлебной массы;
- отсутствие скопления хлебной массы над шнеком и пальчиковым механизмом;
- равномерное распределение хлебной массы по ширине транспортера наклонной камеры;
- не травмировать зерно и не вымолачивать колосья.

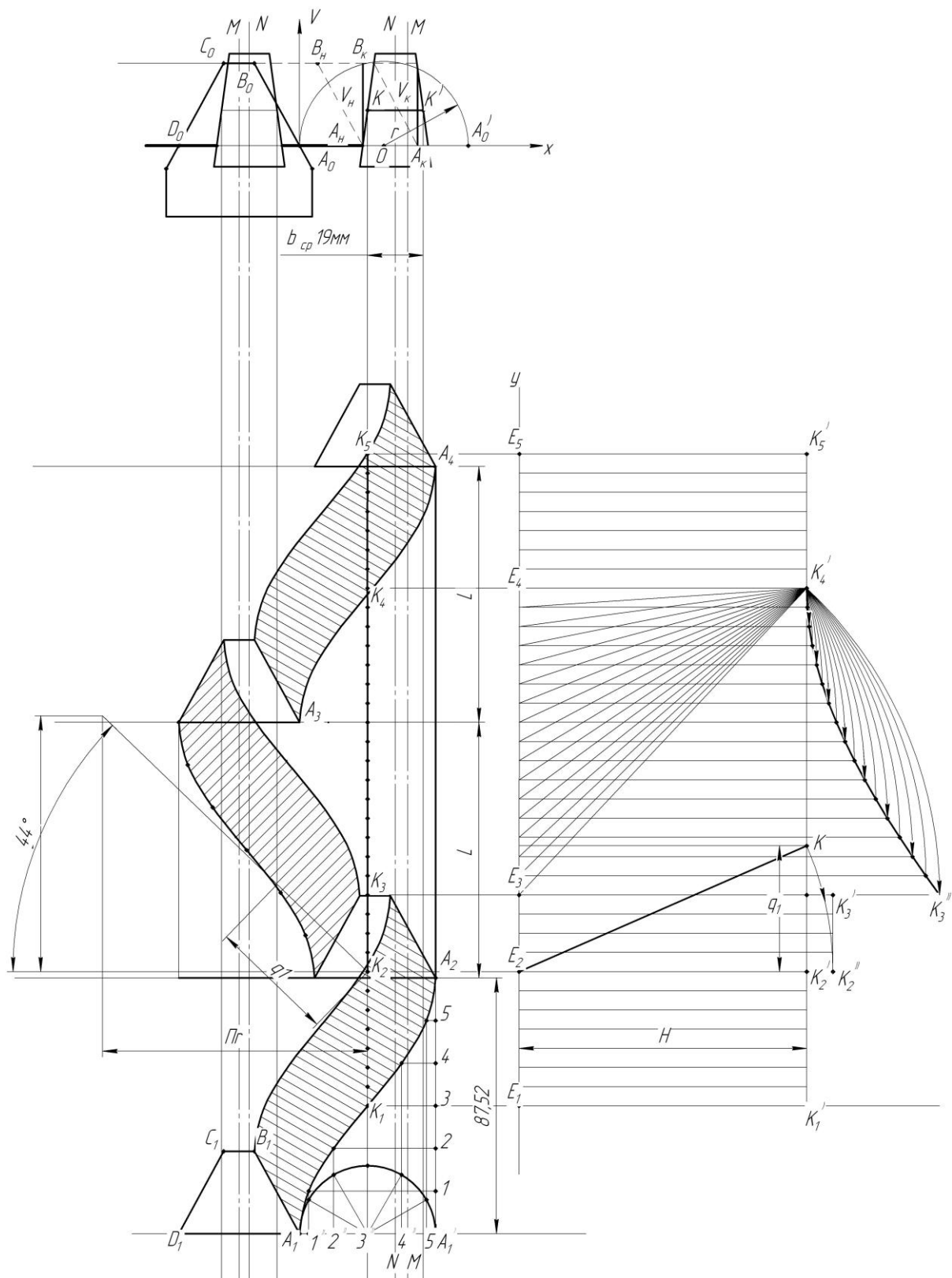


Рисунок 9. Построения по режущему аппарату.

4.2. Геометрические параметры шнека

Взаимосвязь между геометрическими параметрами шнека и

подачей хлебной массы выражена уравнением

$$q_{ш} = \left[\frac{\pi(D_{ш} + 2\Delta)^2}{4} - \frac{\pi d_{ш}^2}{4} \right] \varphi \psi n \rho_c S_c,$$

где $q_{ш}$ - производительность (подача) шнека, кг/с;

$D_{ш}$ - наружный диаметр шнека, м;

φ - угол транспортирующей части шнека, рад;

$d_{ш}$ - диаметр цилиндра шнека, м;

S_c - шаг спиралей шнека, м;

n - частота вращения шнека, s^{-1} ;

ρ_c - плотность хлебной массы, kg/m^3

Ψ - коэффициент, учитывающий заполнение рабочего пространства шнека массой и скорость ее движения, принять $\Psi = 0.3$;

Δ - максимальный зазор между спиралью шнека и днищем корпуса жатки, м.

Из вышеприведенного уравнения, после определенных преобразований, получаем:

$$D_{ш} = \frac{0.033q_{ш}}{nS_c(h+\Delta)}.$$

Величину $q_{ш}$ принять $q_{ш} = 0.45 \cdot q$ с учетом того, что на жатке два шнека, а часть хлебной массы подается непосредственно пальчиковым механизмом шнекового транспортера жатки.

Высоту спирали $h = (D_{ш} - d_{ш})/2$ принять методом линейного интерполирования в пределах $h = 0,05 \dots 0,1$ м для подачи $q = 2 \dots 10$ кг/с

Величину S_c принять методом линейного интерполирования в пределах $S_c = 0,4 \dots 0,65$ м для подачи $q = 2 \dots 10$ кг/с.

Величину Δ принять методом линейного интерполирования в пределах $\Delta = 0,02 \dots 0,035$ м для подачи $q = 2 \dots 10$ кг/с.

Величину n принять методом линейного интерполирования в пределах $n = 3,2 \dots 2,5$ s^{-1} для подачи $q = 2 \dots 10$ кг/с.

Диаметр цилиндра шнека $d_{ш} = D_{ш} - 2h$.

5. Уплотнительные устройства

В сочленении корпуса проставки с корпусом жатки предусмотреть уплотнительные устройства в виде боковых уплотнительных щитков, перекрывающих вертикальные щели, и переходного щита, перекрывающего нижнюю щель.

6. Молотильный аппарат

6.1. Требования к молотильному аппарату:

- полный вымолот зерна из колосьев;
- минимальное дробление зерна;
- минимальное травмирование (микрповреждение) зерна;
- минимальное измельчение соломы;
- максимальное выделение зерна через деку;
- предотвращение попадания камней в молотильный аппарат;
- предотвращение попадания воздушного потока, созданного лопастями отбойного битера, на шнековый транспортер жатки.

Тип молотильного аппарата принять однобарабанный бильный с радиальной подачей массы.

6.2. Длина барабана

$$l_6 = \frac{q}{M_6 q_0} \text{ м,}$$

где M_6 - число бичей барабана; принять $M_6 = 8$ при $q \leq 6$ кг/с и $M_6 = 10$ при $q > 6$ кг/с;

q_0 - допустимая подача хлебной массы на 1 м длины бича барабана, $q_0 = 0,35 \dots 0,55$ кг/с на м для $\beta = 0,4 \dots 0,65$; q_0 принять методом линейного интерполирования.

6.3. Диаметр барабана

$$D_6 = \frac{U_6 \Delta t M_6}{\pi} \text{ м,}$$

где U_6 - линейная скорость бичей, м/с; принять максимально допустимую $U_6 = 38$ м/с, чтобы обеспечить полный вымолот зерна во всех условиях уборки;

Δt - промежуток времени между ударами смежных бичей, с; $\Delta t = 0,0045 \dots 0,0065$ с в зависимости от влажности и обмолачиваемости хлебной массы, принять $\Delta t = 0,0065$ с для самых тяжелых условий уборки.

Вычисленное значение D_6 , с учетом опыта современного комбайностроения, увеличить до 500 мм, если оно оказалось меньше, или уменьшить до 800 мм, если оно оказалось больше.

6.4. Максимальная частота вращения барабана

$$n_6 = \frac{60 U_6}{\pi D_6} \text{ об/мин.}$$

Предусмотреть устройство для изменения частоты вращения

барабана в пределах 250... П_б.

6.5. Угол обхвата деки

$$\varphi = 200[\lg q(1-\beta) - \lg y_0] \text{ град.},$$

где U_0 - количество зерна в соломе, которое выходит из молотильного аппарата, кг/с; принять $y_0 = 0,2 q(1-\beta)$.

6.6. Длина деки

$$S_d = \frac{\varphi D_b}{2} \text{ м},$$

где φ - угол обхвата, выраженный в радианах.

6.7. Положение деки относительно барабана

Определяется углами φ_1 и φ_2 , величину которых принять, исходя из следующих соображений.

Угол φ_2 обычно принимают 90° . При большем значении повышается вероятность забивания молотильного аппарата хлебной массой, а при меньшем - требуется клавиши соломотряса опустить, что ухудшит условия работы очистки, особенно у комбайнов с домолачивающим устройством.

Угол $\varphi_1 = \varphi - \varphi_2$. С увеличением φ_1 повышается скорость удара бичей по колосу, вследствие чего улучшается вымолот зерна и его сепарация через деку. Однако, одновременно повышается дробление зерна и измельчение соломы. Если в расчетах величина $\varphi_1 > 45^\circ$, то надо предусмотреть установку приемного битера.

Задняя стенка камнеулавливателя должна быть параллельной направляющей, чтобы не нарушить постоянства минимального зазора между щитком и задней стенкой при опускании и поднятии деки.

6.8. Диаметр отбойного битера

$$D_0 = \frac{60U_0}{\pi n_0} \text{ м},$$

где U_0 - окружная скорость конца лопастей битера, принять $U_0 = 16$ м/с, при которой создаются нормальные условия для сепарации значительной части зерна через прутковую решетку;

n_0 - частота вращения отбойного битера, $n_0 = 400 \dots 700$ об/мин для подачи $q = 2 \dots 10$ кг/с, принять n_0 методом линейного интерполирования.

6.9. Положение отбойного битера

Определяется зазорами между концами лопастей битера и бичами барабана (5...8 мм), а также между концами лопастей битера и пальцами решетки деки, который равен 120...250 мм для подачи $q = 2...10$ кг/с; этот зазор принять методом интерполирования.

6.10. Положение отсекателя

Рабочая кромка отсекателя должна быть расположена с зазором 5 мм относительно бичей барабана и концов лопастей отбойного битера, чтобы предотвратить занос соломы на повторный обмолот и перекрыть путь воздушному потоку, созданному отбойным битером, в наклонную камеру и далее к шнековому транспортеру жатки.

6.11. Уплотнительные устройства

Предусмотреть соответствующие уплотнительные устройства в сопряжении наклонной камеры и транспортной доски с корпусом молотилки, а также исключить потери зерна в зазор между входным щитком и задней плоскостью камнеулавливателя.

7. Соломотряс клавишный

7.1. Требования к соломотрясу:

- максимальное выделение зерна из соломистого вороха, чтобы уменьшить потери свободного зерна в солому;
- минимальное выделение сбоины, половы и других примесей, чтобы снизить загрузку очистки незерновой частью урожая;
- незабываемость жалюзи клавиш солоmistым ворохом, чтобы создать самые благоприятные условия выделения зерна.

7.2. Коэффициент сепарации

$$\mu_c = \frac{\mu_c^0 h_c^0}{h_c} \text{ 1/см,}$$

где $\mu_c^0 = 0,018$ 1/см - стандартный коэффициент сепарации;

$h_c^0 = 0,2$ м - стандартная толщина слоя соломистого вороха на соломотрясе;

h_c - действительная толщина соломистого вороха, м.

$$h_c = \frac{q\beta}{B_c U_c \gamma_c} \text{ м,}$$

где B_c - ширина соломотряса, м; принять равной ширине молотилки B_m ;

U_c - средняя скорость перемещения соломистого вороха по поверхности клавиш, принять $U_c = 0,35...0,40$ м/с;

γ_c - плотность соломистого вороха на клавишах с учетом его вспушенности, принять $\gamma_c = 20$ кг/м³.

7.3. Длина соломотряса

$$l_c = \frac{1}{\mu_c} \ln\left(\frac{d}{y_c}\right) \text{ м,}$$

где $d = (0,05...0,15)q(1-\beta)$ - секундная подача зерна на соломотряс, кг/с;

$$y_c = \frac{q(1-\beta)\eta_c}{100} \text{ кг/с - секундный сход свободного зерна в солому;}$$

η_c - потери свободного зерна в солому, принять $\eta_c = 0,5$ %.

8. Очистка

8.1. Требования к очистке:

- чистота зерна в бункере не ниже 97 % для хлебных злаков и 95 % для крупяных, бобовых, масличных культур и семенников трав;
- потери зерна в полу (свободным зерном и в колосьях) не более 0.5 %;
- минимальное поступление полноценного зерна в колосовой шнек;
- полное выделение недомолоченных колосьев.

8.2. Ширина решета

$$B_p = \alpha_p B_m \text{ м,}$$

где $\alpha_p = 0,9...0,95$ - коэффициент, учитывающий уменьшение рабочей ширины очистки за счет конструкции отливов для устройства уплотнений решетчатого стана с боковинами молотилки и крепления подвесок нижнего решетчатого стана, принять $\alpha_p = 0,9$;

B_m - ширина молотилки, м; пренебрегая зазорами между барабаном и боковинами молотилки, принять $B_m = l_6$.

8.3. Длина решета

$$l_p = \frac{q(1-k_0\beta)}{B_p q_F} \text{ м,}$$

где $k_0 = 0,6...0,9$ - коэффициент, учитывающий состав зернового вороха; меньшие значения для зернового вороха с большим количеством сбоины и зеленых примесей принять $k_0 = 0,6$ - для самых тяжелых условий работы;

$q_F = 1,5...2,5$ кг/с на кв. м - допустимая удельная нагрузка на единицу площади решета; меньшие значения для зернового вороха с большим количеством сбоины и зеленых примесей; принять $q_F = 1,5$ кг/с на кв.м - для самых тяжелых условий работы.

8.4. Длина удлинителя верхнего решета

$$l_y = \alpha_y l_p,$$

где $\alpha_y = 0,25...0,35$ - коэффициент, учитывающий количество сбоины и зеленых примесей в зерновом ворохе; принять $\alpha_y = 0,35$ для самых тяжелых условий работы.

В удлинителе предусмотреть жалюзи поперечные и продольные, чтобы обеспечить лучшее выделение колосьев, располагающихся поперек и вдоль молотилки.

8.5. Скатная доска колосового шнека

Предусмотреть устройство для изменения скорости воздушного потока на обдув удлинителя.

9. Вентилятор очистки

9.1. Требования к вентилятору:

- оптимальное расслаивание, “взвешивание” зернового вороха над верхним решетом;
- равномерное обдувание решет по всей их длине;
- оптимальное разделение воздушного потока на обдуве пальцевой решетки транспортной доски, верхнего и нижнего решет очистки;
- изменение скорости воздушного потока в пределах, обеспечивающих оптимальные условия работы очистки в самых легких и в самых тяжелых условиях.

9.2. Подача воздуха

$$Q_v = \frac{\varepsilon'(1 - \beta)q}{\delta} \text{ м/с,}$$

где $\varepsilon' = 0,15...0,25$ - коэффициент, учитывающий массовую долю пыли в зерновом ворохе; принять для самых тяжелых

желых условий уборки $\varepsilon' = 0,25$;
 $\delta = 0,2 \dots 0,3$ - коэффициент, учитывающий плотность воздуха и его концентрацию (неравномерность распределения в выходной горловине); для общепринятой двухрешетной очистки принять $\delta = 0,2$ для самых тяжелых условий работы.

9.3. Диаметр входного отверстия кожуха

$$D_{вх} = \sqrt{\frac{2Q_{вх}}{\pi V_{вх}}} \text{ м,}$$

где $V_{вх}$ - скорость воздушного потока во входном отверстии вентилятора; принять $V_{вх} = 8$ м/с.

9.4. Внутренний диаметр лопастного колеса

$$D_1 = 0.95 D_{вх}.$$

9.5. Наружный диаметр лопастного колеса

$$D_2 = 1.6 D_{вх}.$$

9.6. Расположение входного отверстия

Входное отверстие расположить эксцентрично лопастному колесу, что создаст более выровненный скоростной поток воздуха по ширине очистки и повысит к. п. д. вентилятора.

Лопатки-направители вентилятора делят выходную горловину на три равные части и служат для снижения турбулентности потока воздуха.

9.7. Расположение решет относительно вентилятора

Решета по высоте расположить так, чтобы 10 % воздушного потока пошло на обдув пальцевой решетки транспортной доски, 50 % - на обдув верхнего и 40 % - на обдув нижнего решет очистки.

Решета расположить под углом $0 \dots 5^\circ$ к горизонту.

10. Копнитель

10.1. Требования к копнителю:

- формирование копны с подпрессовкой;

- иметь предохранительное устройство от излишней подпрессовки копны;
- иметь устройство, сигнализирующее об оптимальной подпрессовке копны;
- иметь устройство регулировки степени подпрессовки копны;
- выгруженная копна не должна терять своей формы.

10.2. Емкость камеры копнителя

Принять с помощью линейного интерполирования в пределах $V_k = 2...8 \text{ м}^3$ для подачи $q = 2...10 \text{ кг/с}$. В ряде случаев можно принять и другую емкость, исходя из принятой технологии уборки копен и наличной соломоуборочной техники.

10.3. Ширина камеры копнителя

Так как копнитель имеет ширину, расширяющуюся в сторону заднего клапана, то принять ее среднее значение, равное

$$B_k = 1.2B_m.$$

10.4. Высота камеры копнителя

Принять конструктивно, с учетом расположения концов клавиш соломотряса и механизма соломонабивателя, учтя что B_k является величиной усредненной. Нижнюю линию провести так, чтобы боковая площадь копны осталась равновеликой.

10.5. Длина камеры копнителя

$$L_k = \frac{V_k}{B_k H_k} \text{ м.}$$

Так как длина камеры не постоянная, часть ее располагается под клавишами соломотряса, то вычисленное значение считать усредненным, по которому и ориентироваться при вычерчивании схемы копнителя. Принять $L_k \approx H_k$.

10.6. Конструкция пальцев днища копнителя

Пальцы днища копнителя предусмотреть двухшарнирными, чтобы обеспечить полный контакт копен с поверхностью поля, чем будет предотвращено их растягивание.

10.8. Положение переднего конца днища копнителя

Передний конец днища копнителя должен быть ниже заднего обреза лотка половонабивателя на 40...50 мм.

10.9. Положение отсекателя

Отсекатель расположить так, чтобы коленчатый вал соломонабивателя за него не задевал.

10.10. Расположение щитка сброса соломы

Щиток сброса соломы расположить так, чтобы зазор между ним и клавишей соломотряса был 10...15 мм, а с граблиной соломонабивателя - 5...10 мм.

11. Бункер

11.1. Требования к бункеру[3]:

- объем бункера должен быть равен или кратен грузоподъемности транспортных средств, отвозящих зерно;
- время наполнения бункера должно быть продолжительным, чтобы уменьшить частоту простоев комбайна из-за выгрузки зерна;
- время выгрузки зерна из бункера должно быть возможно минимальным, чтобы снизить простои комбайна на выгрузке зерна;
- выгрузка зерна из бункера должна быть полной;
- иметь специальное сигнальное устройство заполнения бункера зерном.

11.2. Объем бункера

$$V_{\delta} = 0,1 \frac{ABv_{np}(1-\beta)t_{\delta}}{\rho_{\delta}\psi_{\delta}} \cdot \text{м}^3,$$

где **A**- урожайность, т/га;

B- ширина захвата жатки, м;

V_{np}- скорость комбайна на прямом комбайнировании, м/с

t_δ - время заполнения бункера, с; принять **t_δ** = 1800...2400 с;

ρ_δ - плотность зерна в бункере, кг/м³, принять **ρ_δ** = 800 кг/м³;

ψ_δ - коэффициент заполнения бункера зерном, принять **ψ_δ** = 0.9.

Вычисленное значение подкорректировать, приняв равным или кратным грузоподъемности транспортных средств, отвозящих зерно. У комбайнов с пропускной способностью **q** ≤ 4 кг/с можно предусмотреть объем бункера с учетом самовыгрузки зерна в месте его временного складирования.