

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УР ЮТИ ТПУ

\_\_\_\_\_ В.Л. Бибик  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2014 г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ДИСКОВОЙ  
СОЛОМОСИЛОСОСРЕЗКИ**

Методические указания к выполнению контрольной работы  
по курсу «Теория машин и оборудования в животноводстве»  
для студентов, обучающихся на заочном отделении, и к выполнению практиче-  
ской работы для студентов очного отделения, обучающихся  
по специальности 10304 «Технология обслуживания и ремонта  
машин в АПК» направления 110300 «Агроинженерия»

*Составитель* **Д.А. Барков**

Издательство  
Юргинского технологического института (филиала)  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 631.3  
ББК 40.729  
П79

**П79**      **Проектирование схемы режущего аппарата дисковой соломосилососрезки:** Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу «Теория машин и оборудования в животноводстве» для студентов, обучающихся на заочном отделении, и к выполнению практической работы для студентов очного отделения, обучающихся по специальности 10304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» направления 110300 «Агроинженерия» / сост.: Д.А. Барков; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2014. – 16 с.

УДК 631.3  
ББК 40.729

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию методическим семинаром кафедры  
Агроинженерия ЮТИ ТПУ  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой АИ  
кандидат техн. наук,  
доцент

\_\_\_\_\_ *О.Ю. Ретюнский*

Председатель  
учебно-методической комиссии

\_\_\_\_\_ *А.Н. Капустин*

*Рецензент*

Кандидат технических наук,  
доцент кафедры АИ ЮТИ ТПУ  
*М.А. Корчуганова*

© Составление. ФГБОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский  
технологический институт (филиал), 2014  
© Барков Д.А., составление, 2014

## **ВВЕДЕНИЕ**

Эффективность применения машин на животноводческих предприятиях для снижения затрат и материальных средств на производство единицы животноводческой продукции зависит от ряда причин, это планировка, тип и конструкция производственных помещений, система содержания животных организация труда и т.д.

В методических указаниях излагаются приёмы и способы инженерных расчётов, выполняемых графоаналитическим способом при конструировании соломосилосорезок. Инженерная практика требует знания общих принципов методики проведения расчётов, выполняемых графоаналитическим способом.

### **Цель работы**

Закрепление и развитие знаний, теории измельчения стебельчатых кормов, приобретение практических навыков расчётов элементов соломосилосорезок с дисковым рабочим органом определения дефектов и их сочетаний, использования средств контроля и руководства по капитальному ремонту автомобилей, уяснение характера работ, выполняемых дефектовщиком.

### **Оборудование, приборы и инструменты:**

1. Миллиметровая бумага 2 листа формата А4 и один лист формата А3.
  2. Циркуль, транспортир, карандаш, линейка.
- Допускается выполнение чертежей в системах автоматизированного проектирования.

### **Последовательность выполнения работы:**

Выбрав по табл. 1 исходные расчетные данные в соответствии со своим шифром, студент должен:

1. Построить схему режущего аппарата дисковой соломорезки с оптимальным режимом резания, т.е. с таким, при котором удельный расход энергии на технологический процесс резания, т.е. с таким, при котором удельный расход энергии на технологический процесс резания минимален, защемление материала, необходимое для эффективного и чистого резания, достаточно надежно, а нагрузка на вал в необходимой степени равномерна.
2. Определить требуемую мощность двигателя.

3. Определить необходимый момент инерции маховика для достижения заданной степени неравномерности вращения вала.
4. Определить число оборотов питательных валиков и передаточное число к ним.
5. Определить угол установки ножа и угол резания.

Для построения схемы режущего аппарата с оптимальным режимом резания необходимо прежде всего определить оптимальные значения минимального и максимального угла скольжения. Это определение производят на основе анализа технологического процесса скользящего резания.

### **Анализ технологического процесса скользящего резания с целью определения оптимальных углов скольжения $T_{\text{мин}}$ и $T_{\text{макс}}$ .**

Следует составить таблицу для различных углов скольжения  $\tau$  с интервалом  $10^\circ$ . Эта таблица (табл. 2) дает соответствующие этим угла значения удельного давления  $q$  и характеристики ножа  $(1+f' \operatorname{tg}\tau)$ . Для составления этой таблицы необходимо знать две зависимости: зависимость удельного давления от угла скольжения и зависимость от этого угла коэффициента скользящего резания  $f'$ . Данные зависимости определяют экспериментально.

Допустим, что в результате соответствующих экспериментальных исследований эти две зависимости найдены и графически представлены на рис. 1 и рис. 2.

На рис. 1 удельное давление для различных углов скольжения представлены в долях от значения удельного давления при резании без скольжения, т.е. в относительных величинах, представляющих собой доли  $q_0$ .

Для соломорезок практический интерес представляют углы  $\tau_{\text{макс}} = 60^\circ$ , так как при больших углах скольжения затруднено выполнение условий защемления материала затруднено. Студент проводит расчет по табл. 2 в соответствии с исходными данными своего шифра.

Таблица 1.

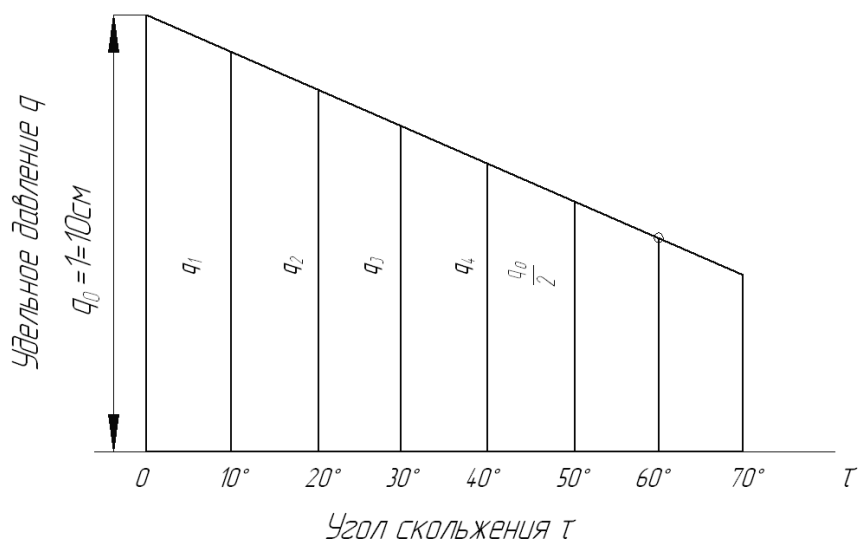
## Контрольные задания

Наименование	Обозначение	В а р и а н т ы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Производительность, кг/ч	$Q$	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000
Средняя скорость ножа при резании, м/с	$V_{cp}$	7	8	7	7	8	8	8	8	7	7
Объемный вес в слое при резании, кг/м <sup>3</sup>	$\gamma$	80	100	120	80	100	120	100	80	100	120
Наибольшее угловое ускорение вала соломорезки $\frac{1}{сек^2}$	$\frac{d\omega}{dt}$	27	22 28	24 27	26 30	28	30	30	30	28	30
Длина резки соломы, см	$l$	1	2	2	2	2	1	2	6	8	7
Удельное давление острого ножа на солому при резании без скольжения, кг/см	$q_0$	7	8	9	10	11	12	8	9	10	8
Угол трения лезвия ножа по соломе	$\varphi_1$	15	16	17	18	15	16	17	18	15	16
Угол трения соломы по противорезущей грани горловины и по питательным валикам	$\varphi_2$	25	26	27	28	29	30	25	26	27	28
Коэффициент скольжения валиков по соломе	$\varepsilon$	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05

Таблица 2

Зависимость удельного давления и характеристик  
ножа от углов скольжения

$\tau$	$\operatorname{tg} \tau$	$q$	$f'$	$f' \operatorname{tg} \tau$	$1 + f' \operatorname{tg} \tau$	$\frac{A_{\text{уд}}}{q_0} = \frac{q(1 + f' \operatorname{tg} \tau)}{q_0}$
$0^\circ$	0	$q_0 = 1$	$f'_0 = 0$	0	1	1
$10^\circ$	0,176	$q_1 =$	$f'_1 =$			
$20^\circ$	0,364	$q_2 =$	$f'_2 =$			
$30^\circ$	0,577	$q_3 =$	$f'_3 =$			
$40^\circ$	0,84	$q_4 =$	$f'_4 =$			
$50^\circ$	1,19	$q_5 =$	$f'_5 =$			
$60^\circ$	1,73	$q_6 =$	$f'_6 =$			

Рис. 1. Зависимость удельного давления  $q$  от угла скольжения  $\tau$ Рис. 2. Зависимость скользящего резания  $f'$   
от коэффициента скольжения  $\operatorname{tg} \tau$

На основании проведенного расчета по табл. 2 вычерчиваем график рис. 3.

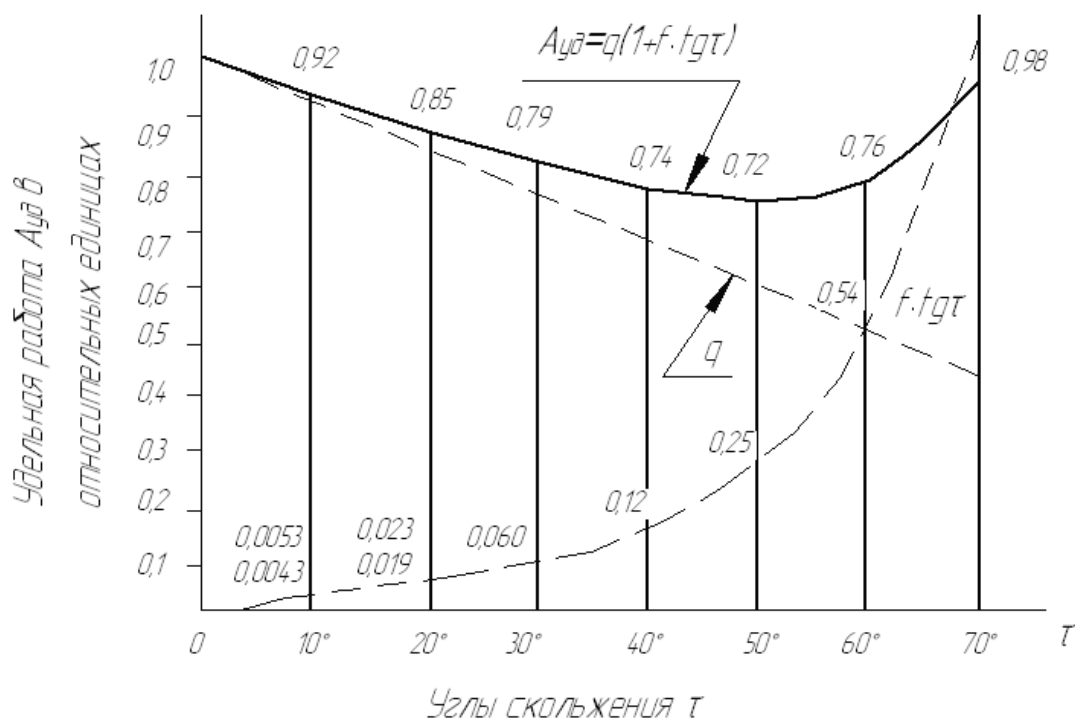


Рис. 3. Зависимость удельной работы от углов скольжения в относительных величинах

Для выбора углов скольжения, наиболее выгоднейших по минимальному расходу энергии на процесс резания, определяем на кривой рис. 3 такой участок, на котором минимальное значение удельной работы превышает менее, чем на 5%. Граничные углы скольжения этого участка на оси абсцисс и будут искомыми углами скольжения  $\tau_{\text{мин}}$  и  $\tau_{\text{макс}}$ .

### Построение схемы режущего аппарата.

Определив для своего примера минимальный и максимальный углы скольжения, студент приступает к построению схемы режущего аппарата.

1. Радиусом стандартного ножа вычерчиваем окружность, учитывая при этом запас на износ и стачивание ножа  $B_2 = 30$  мм (рис. 4 и 5). От центра окружности проводим под углом  $\tau_{\text{мин}}$  к вертикали прямую.

$$R = 410 - \frac{B_2}{2} = 395 \text{ мм.}$$

2. Через точку пересечения этой прямой с окружностью (точка  $C$ ) проводим горизонталь. пересечение этой горизонтали с вертикалью в точке  $O$  определит центр вращения ножа, а также эксцентриситет  $e$ .

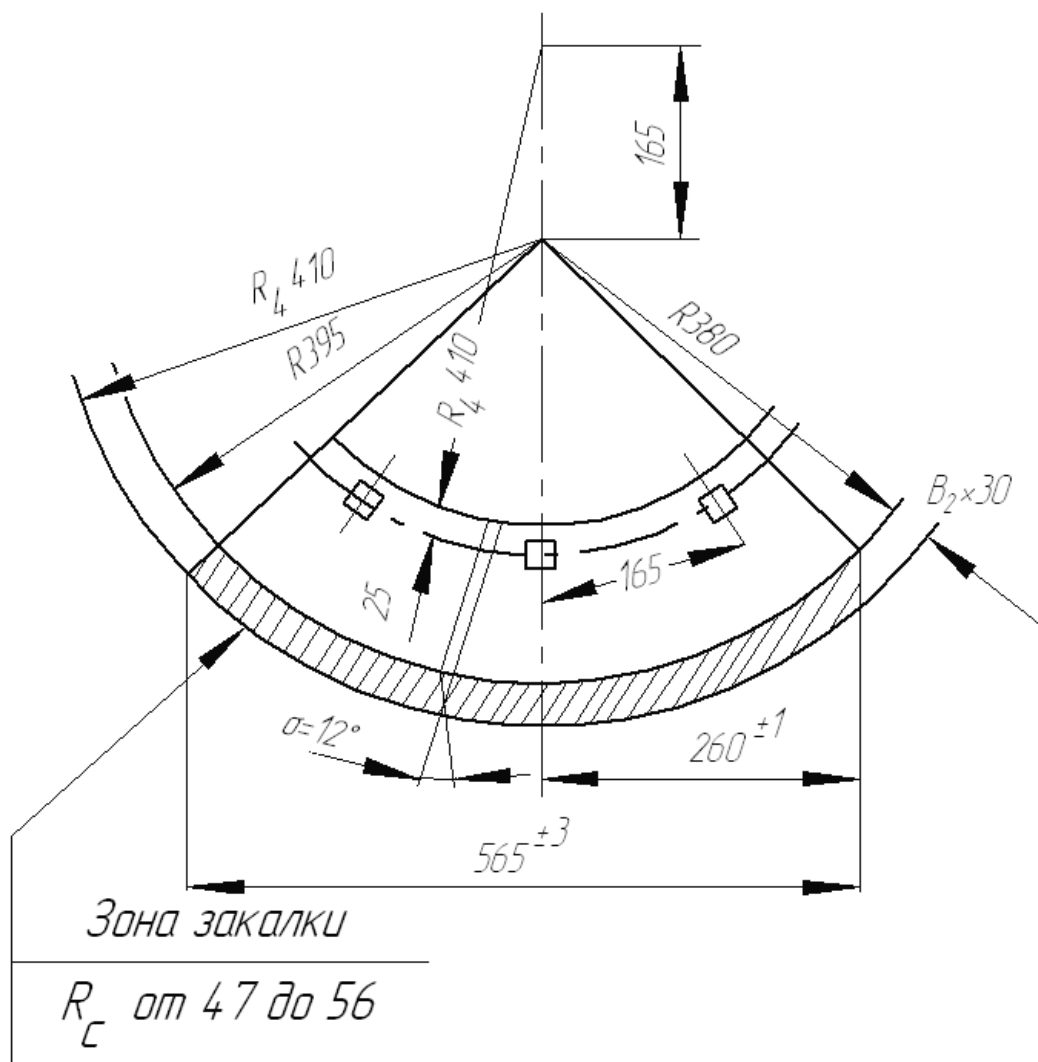


Рис. 4. Схема стандартного ножа

3. Находим последовательными построениями на окружности такую точку  $B$ , в которой угол между радиусом  $R$  и радиусом-вектором  $\tau_{\text{макс}}$  равен  $(90^\circ - \tau_{\text{макс}})$ , что дает нам в этой точке лезвия ножа  $B$  угол скольжения  $\tau_{\text{макс}}$ .

4. Угол скольжения  $\tau_{\text{мин}}$  будет соответствовать точке  $C$  лезвия ножа. Точка  $A$  легко определяется засечкой на окружности из точки  $B$  длиной хорды изношенного стандартного ножа  $BA$ , что определяет и  $r_{\text{мин}}$  (рис. 4).



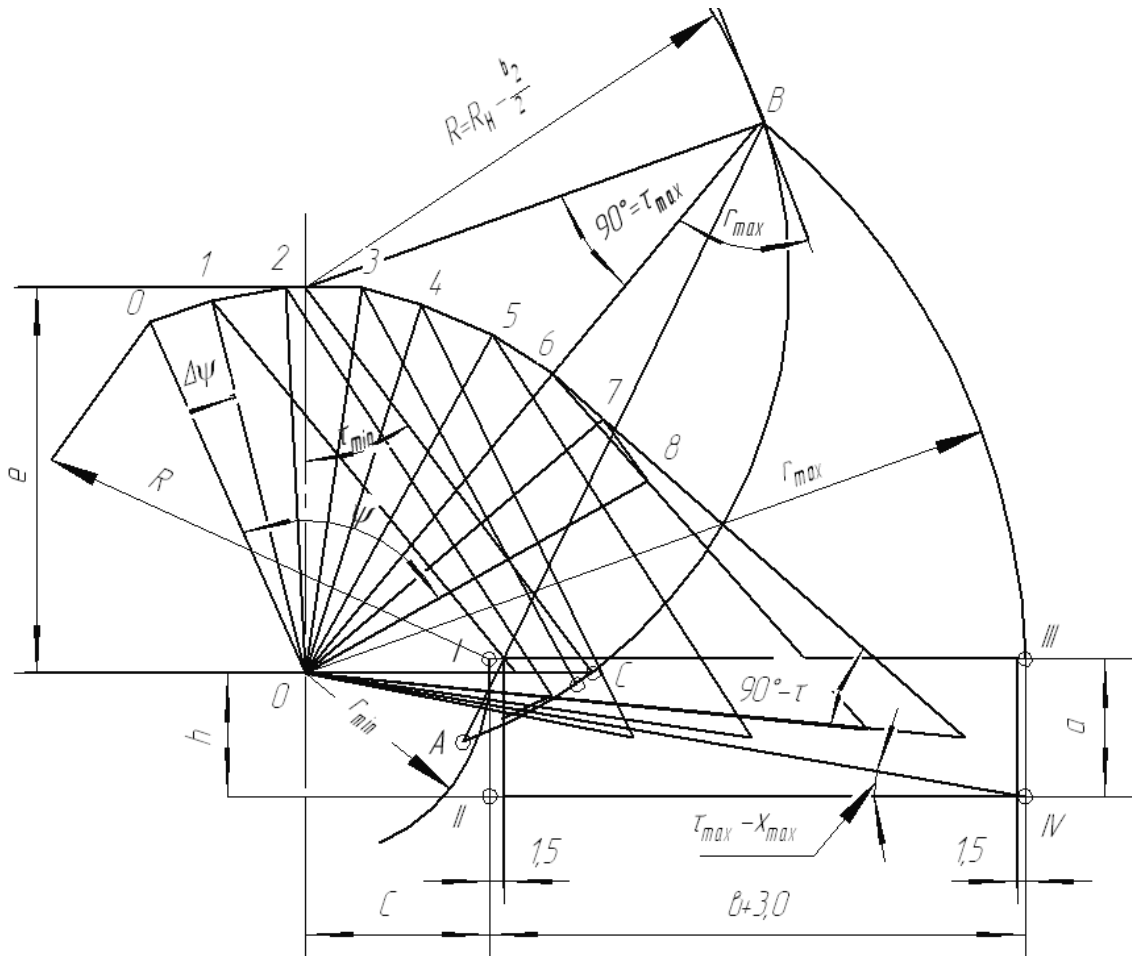


Рис. 5. Построение схемы режущего аппарата

5. Ширина горловины  $b$  определяется графически. Из центра вращения  $O$  проводим дугу  $r_{\max}$ . Чтобы материал заземлялся по всей длине рабочей части лезвия ножа, задаемся размером максимального угла раствора из соотношения

$$\chi_{\max} = \varphi_1 + \varphi_2 < \tau_{\max}.$$

Под углом  $\tau_{\max} - \chi_{\max}$  к горизонтали вниз проводим прямую из центра вращения  $O$  до пересечения с проведенной радиусом  $r_{\max}$  дугой. Получаем точку пересечения  $IV$ . Эта точка определяет положение горизонтального нижнего края горловины, т.е. положение противорежущей грани. Действительно, в этой точке  $IV$  угол раствора имеет максимальное значение  $\chi_{\max}$ , а когда нож достигает это положение наибольшего раствора, то прямая, проходящая через точку  $IV$  и центр вращения  $O$ , составляет с горизонталью использованный для построения угол ( $\tau_{\max} - \chi_{\max}$ ). Чтобы учесть износ ножа, наиболее удаленная точка противорежущей грани берется на 15 мм ближе к центру горловины. На эти же 15

мм приближаем к центру горловины и левую крайнюю точку противоположной грани, т.е. точку II. Однако, по конструктивным соображениям, размер  $C = r_{\text{мин}} + 15$  мм не берут меньше 100 мм.

6. Высоту горловины определяем по формуле

$$a = \frac{Q}{bklyn60}.$$

В этой формуле число оборотов рассчитывают по заданной скорости  $V_{\text{ср}}$ .

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{ср}}}{r_{\text{ср}}}; \quad r_{\text{ср}} = \frac{r_{\text{макс}} + r_{\text{мин}}}{2}; \quad n = \frac{30\omega_{\text{ср}}}{\pi} \text{ об/мин.}$$

Число ножей  $k$  выбирают в пределах от 2 до 6 с тем, чтобы  $a$  оказалась равной от 50 до 100 мм. Зная величину  $a$ , строим сечение горловины, так как теперь определяются последние две точки этого сечения – точки I и III.

### Построение диаграммы моментов резания

Диаграмму моментов резания строим, пользуясь формулой

$$M_{\text{рез}} = \Delta S r \cos t q (1 + f' t g \tau).$$

Входящие в формулу величины  $\Delta S$ ,  $r$ ,  $\tau$  определяют графически. Для такого графического определения строят (рис. 5) последовательные положения ножа, начиная с момента начала резания и далее через каждый поворот ножа на  $\Delta\psi = 10^\circ$ . С этой целью проводим окружность из центра вращения радиусом, равным эксцентриситету  $e$ . По этой окружности перемещается центр кривизны ножа в процессе резания. Находим на этой окружности положение центра кривизны ножа в момент начала резания. Для этого засекаем на этой окружности точку радиусом кривизны ножа (в данном случае это радиус окружности) из точки 1 горловины. Это – точка O. Отмечаем на окружности следующие 8 точек вправо, соответствующие последовательному повороту ножа каждый раз на  $10^\circ$ .

Для этих точек вычерчиваем в пределах горловины загруженные участки лезвия ножа  $\Delta S$ . Эти загруженные участки для каждого положения примеряем на чертеже. Также графически определяем радиусы-векторы, измеряя их от центра вращения до середины соответствующей дуги, т.е. до середины загруженного участка. Для определения углов скольжения, соответствующих каждому построенному положению но-

жа, измеряем транспортиром углы, образованные радиусами-векторами и радиусами кривизны ножа. Это – углы  $90^\circ - \tau$ . Для получения значения углов скольжения  $\tau$  нужно эти углы ( $90^\circ - \tau$ ) вычесть из  $90^\circ$ . Для найденных таким путем углов скольжения  $\tau$  определяем по рис. 3 соответствующие значения величины  $q(1 + f' \operatorname{tg} \tau)$ . Все расчетные величины сводим в табл. 3. В эту таблицу  $\Delta S$  и  $r$  подставляем в см, а величину  $q(1 + f' \operatorname{tg} \tau)$  в кг/см, умножая для этой цели определяемые по рис. 3 относительные величины на  $q_0$ .

На основании данных табл. 3 студент строит диаграмму моментов сопротивления резанию  $M_{\text{рез}}$  (рис. 6)

По оси абсцисс откладывают углы поворота в градусах от 0 до  $\frac{360^\circ}{k}$ , где  $k$  число ножей. Интервал берется в соответствии с табл. 3 в  $10^\circ$ .

Таблица 6

$\psi$	$10^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$60^\circ$	$70^\circ$	$80^\circ$	Точки		
									II	III	IV
$\Delta S$											
$r$											
$90-\tau$											
$\tau$											
$\cos \tau$											
$q(1+f'\operatorname{tg}\tau)$											

Кроме того помечаются точками II, III и IV. Наряду с градусами указываются и радианы. По оси ординат наносятся моменты резания  $M_{\text{рез}}$  в кг. см. Построение необходимо сделать для двух смежных ножей. На рис. 6 дан числовой пример такого построения.

Расчет потребной мощности двигателя. Расчетным является средний момент резания. Средний  $M_{\text{рез}}$  определяют делением работы резания за один оборот режущего аппарата на  $2\pi$ . Работа резания одного ножа  $A_{\text{рез}}$  равна

$$A_{\text{рез}} = \int_0^{\frac{2\pi}{k}} M_{\text{рез}} d\psi .$$

Следовательно

$$M_{\text{рез}} = \frac{A_{\text{рез}} \cdot k}{2\pi} = \frac{k \int_0^{\frac{2\pi}{k}} M_{\text{рез}} d\psi}{2\pi} .$$

Работа резания одного ножа  $A_{\text{рез}}$  представляет собой графически в определенном масштабе площадь, очерченную диаграммой (рис. 6).

Эту площадь проще всего измерить планиметром. Но можно работу одного ножа подсчитать и как сумму произведений из среднего за один интервал момента резания и соответствующего этому интервалу угла поворота в радианах. Расчетный момент двигателя определяется как сумма трех моментов – моментов резания, холостого хода и подачи:

$$\text{расчетный } M_{\text{двиг}} = \text{средний } M_{\text{рез}} + M_{\text{хол}} + M_{\text{под}} \text{ кг. см.}$$

При этом можно исходить из расчета:

$$\text{средний } M_{\text{рез}} : M_{\text{хол}} : M_{\text{под}} = 3 : 1 : 1.$$

Мощность двигателя определяют по формуле

$$N = \frac{M_{\text{двиг}} \omega_{\text{ср}}}{102} \text{ кВт.}$$

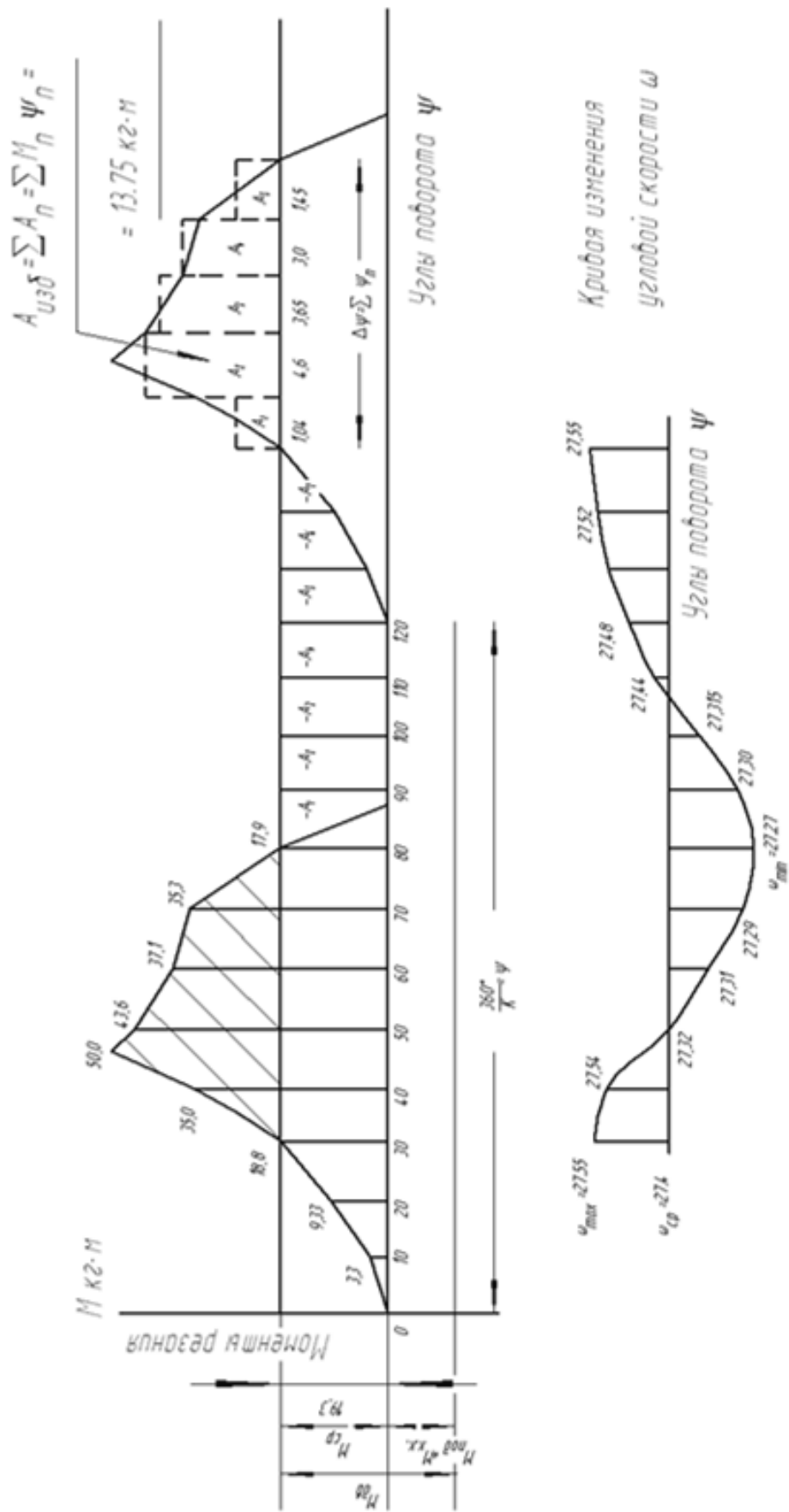


Рис. 6. Числовой пример построения диаграммы моментов резания.

Образец титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра  
«Агроинженерии»

ТЕОРИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИВОТНОВДСТВЕ

Выполнил студент гр. 10400:

Иванов И. И.

Проверил к.с.-х., доцент:

Барков Д.А.

Юрга 201\_



Учебное издание

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ДИСКОВОЙ СОЛОМОСИЛОСОСРЕЗКИ**

Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу «Теория машин и оборудования в животноводстве» для студентов, обучающихся на заочном отделении, и к выполнению практической работы для студентов очного отделения, обучающихся по специальности 10304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» направления 110300 «Агроинженерия»

*Составитель*

**БАРКОВ Даниила Андреевича**

Печатается в редакции составителя

**Отпечатано в Издательстве ЮТИ ТПУ в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 30.04.2014 г.  
Формат 60x84/23 Бумага офсетная.  
Плоская печать. Усл. печ. л. 0,87. Уч-изд. л. 0,79.  
Тираж 20 экз. Заказ Цена свободная.  
ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.  
652050, г. Юрга, ул. Московская, 17.