

6
А-60

107

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ С. М. КИРОВА

На правах рукописи

Н. А. ГРОМЦЕВ

**ВЫБОР ТИПА И ОБОСНОВАНИЕ
ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА ОРУДИЯ
ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ
ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ**

05.420 «Машины, механизмы и технология лесоразработок,
лесозаготовок и лесного хозяйства»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ЛЕНИНГРАД
1970

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ С. М. КИРОВА

На правах рукописи

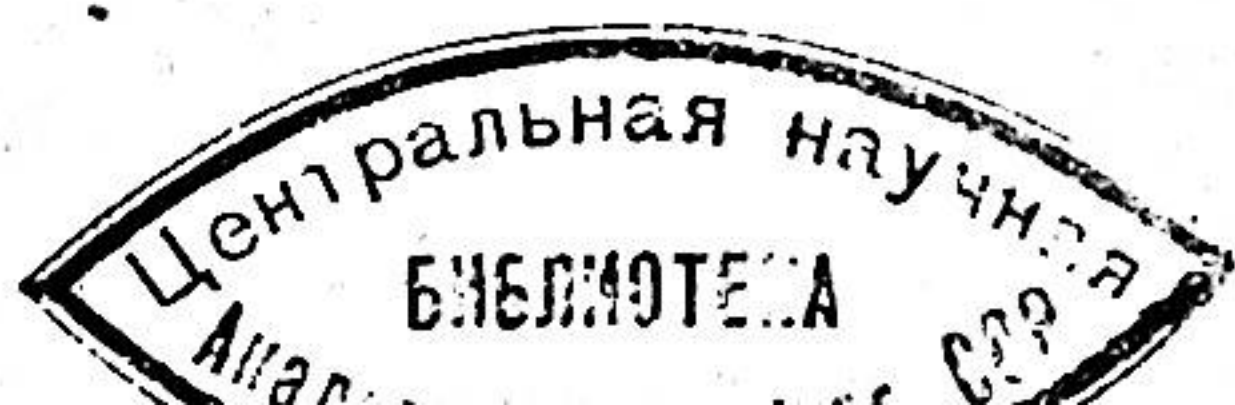
Н. А. ГРОМЦЕВ

ВЫБОР ТИПА И ОБОСНОВАНИЕ
ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА ОРУДИЯ
ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ
ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

05.420 «Машины, механизмы и технология лесоразработок,
лесозаготовок и лесного хозяйства»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ЛЕНИНГРАД
1970



634.94
60
Работа выполнена в Петрозаводской лесной опытной станции Ленинградского научно-исследовательского института лесного хозяйства и Карельском институте леса.

Научный руководитель — кандидат сельскохозяйственных наук И. А. Лавров.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

доктор технических наук, профессор В. Б. Прохоров;

кандидат технических наук, доцент С. А. Помогаев.

Ведущее предприятие — Петрозаводский мехлесхоз Министерства лесного хозяйства Карельской АССР.

Автореферат разослан „_____“ _____ 197 г.

Защита диссертации состоится „_____“ _____ 197 г.

на заседании Ученого совета лесоинженерного и лесомеханического факультетов Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова, г. Ленинград, Институтский пр., 5.

Ученый секретарь совета П. В. Ласточкин.

ВВЕДЕНИЕ

Леса СССР являются сырьевой базой многих отраслей промышленности.

Для обеспечения народного хозяйства лесными материалами на больших площадях производится рубка леса. В связи с большим объемом рубок главная задача лесного хозяйства заключается в том, чтобы обеспечить возобновление на вырубках хозяйственно-ценных пород с минимальными затратами труда и денежных средств.

Известно, что возобновление леса на вырубках естественным путем идет не всегда удовлетворительно. Так, в среднем по СССР, площади вырубок из-под сосновых насаждений возобновляются сосной на 34%, на площадях из-под еловых насаждений — на 28%. На остальных площадях возобновление леса естественным путем идет неудовлетворительно или со сменой хвойных пород лиственными и малоценными породами. Поэтому наряду с расширением и совершенствованием работ по содействию естественному лесовозобновлению насущной задачей лесного хозяйства является искусственное облесение вырубок.

В общем процессе искусственного восстановления леса наиболее трудоемкой операцией считается подготовка почвы. Во многих районах таежной зоны СССР для создания лесных культур способом посева, а также для целей содействия естественному лесовозобновлению путем поранения почвы применяется поверхностная обработка (минерализация) почвы с помощью различных покровосдирателей.

Исследования по выбору типа рабочего органа покровосдирателя и обоснованию его параметров изложены в диссертации.

Основное содержание работы докладывалось на Ученых Советах Ленинградского научно-исследовательского института лесного хозяйства.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАБОЧЕГО ОРГАНА ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

При решении задачи выбора рабочего органа орудия для поверхностной обработки почвы в основу были положены опубликованные работы В. И. Шубина, Н. Е. Декатова, Синькевич М. С. и др., которые посвящены вопросам искусственного лесовосстановления на северо-западе таежной зоны СССР. В связи с необходимостью получения данных по вопросам поверхностной обработки почвы и резания грунта проведен анализ работ Василенко П. М., Летошнева М. Н., Далина Д. А., Синеокова Г. Н., Преображенского В. А., Зеленина А. Н., Зима И. М. и др.

Обработка почвы под лесные культуры и в целях содействия естественному возобновлению заключается в том, чтобы механической обработкой улучшить водный и физический режим почвы, создать условия минерального питания культур хозяйственно-ценных пород, уменьшить влияние колебаний температуры и появления сорной растительности на них.

Из продуктивных лесов Европейского Севера наиболее распространены ельники и сосняки черничные и брусничные. Они занимают значительную долю лесопокрытой площади в этих районах и являются основным лесокультурным фондом.

Около половины площадей лесокультурного фонда занимают объекты с дренированными почвами. На таких объектах главным препятствием для прорастания семян и роста сеянцев в первые годы их жизни является мертвый напочвенный покров и травянистая растительность.

Исследованиями последних лет, проведенными в Карельской АССР, Архангельской, Мурманской и других областях таежной зоны СССР, а также в ряде Скандинавских стран, установлено, что наиболее рациональным способом обработки дренированных почв под посев хвойных пород и для содействия естественному лесовозобновлению является удаление напочвенного покрова

с одновременным рыхлением минеральной части почвы на глубину, необходимую для заделки семян. При этом способе обработки дренированных почв грунтовая всхожесть семян достигает в среднем 30%.

Нужно заметить, что для северных лесов характерна завалуненность почв и поверхностное расположение корневых систем. Наличие валунов и корней на поверхности почвы обуславливает резко выраженный микро-рельеф и является основным препятствием для работы почвообрабатывающих орудий.

По классификации грунтов лесная подстилка, переплетенная корнями растений и гифами грибов, относится к волокнистым грунтам. Физико-механические свойства волокнистых грунтов резко отличны от минеральных. В частности, это касается сопротивлений разрыву и сдвигу. Последние преобладают при отделении напочвенного покрова от минерального горизонта при поверхностной обработке почвы.

В результате резкого различия в физико-механических свойствах напочвенный покров сравнительно легко отделяется от минеральной части почвы. Это обстоятельство имеет определенное значение при выборе технологического воздействия рабочих органов покровосдирателя на почву.

Основными орудиями, применяемыми на обработке почвы путем ее минерализации, являются покровосдиратели с пассивными рабочими органами в виде лап на жестких стойках. Качество обработки почвы покровосдирателями с такими рабочими органами не отвечает в полной мере требованиям агротехники: недостаточна степень минерализации полосы, что делает экономически нецелесообразным механизированный посев; не обеспечивается прямолинейность хода орудия (якорные покровосдиратели), что делает невозможным механизированный уход за культурами. Кроме того существенным недостатком покровосдирателей с зубовидными рабочими органами является удаление в центре полосы вместе с напочвенным покровом и части минерального слоя почвы, что увеличивает вероятность создания микропонижений и снижает плодородие на супесчаных разностях почвы.

При обработке почвы лесных площадей сравнительно на небольших их участках встречаются разные условия местопроизрастания, т. е. меняется живой напочвенный

покров и толщина подстилки. По этим соображениям, в зависимости от условий местопроизрастания, рекомендуется применять покровосдиратели разного веса. Однако, делать это практически возможно и экономически целесообразно только при обработке сравнительно больших участков с явно выраженным одним типом вырубки. Проведен анализ результатов исследований почвообрабатывающих орудий с другими рабочими органами (диски, винтовой фрезерный барабан, мотыжные рабочие органы, зубовые барабаны с активным приводом и др.). При этом установлено, что для поверхностной обработки почвы предпочтение отдается почвообрабатывающим орудиям с активными рабочими органами (Василенко, 1960; Синеоков, 1949).

Учитывая требования агротехники к обработке (минерализации) почвы, физико-механические свойства напочвенного покрова и верхнего горизонта минеральной части почвы, особенности лесокультурных объектов на Севере (завалуненность почвы, резко выраженный рельеф и микрорельеф и др.), а также опыт применения почвообрабатывающих орудий с разными рабочими органами можно сделать вывод о том, что рабочий орган почвообрабатывающего орудия (покровосдирателя) должен быть ротационным активного действия; преодоление препятствий в верхнем слое почвы рабочим органом не должно резко увеличивать энергозатраты на процесс обработки почвы; рабочий орган должен микрокопировать рельеф; отделенный слой напочвенного покрова должен быть удален за пределы захвата рабочего органа, а верхний горизонт минеральной части почвы разрыхлен на 0,5—1,5 см.

Этим требованиям должен отвечать рабочий орган покровосдирателя — щеточный барабан активного действия, рабочей частью которого является ворс из материала определенной жесткости.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЩЕТОЧНЫХ ПОКРОВОСДИРАТЕЛЕЙ

При теоретических исследованиях рассмотрены основные положения кинематики и динамики щеточных барабанов, получены формулы для расчета их параметров, определены рациональные способы установки щеточного

барабана на раме машины, установлено технологическое воздействие ворса барабана на поверхность скольжения в разные периоды движения в рабочей фазе.

При решении этих задач в основу были положены прежде всего исследования доктора технических наук Л. М. Гусева.

Основными параметрами щеточных барабанов будут: жесткость ворса или геометрические размеры и материал его прутков; вес щеточного устройства или давление его на поверхность скольжения; плотность набивки барабана или потребное количество ворса на барабане для осуществления заданного технологического эффекта; угол установки (атаки) барабана на раме машины; соотношение окружной скорости ворса барабана к его переносной скорости; энергоемкость технологического процесса обработки почвы щеточным барабаном.

Исследование кинематики и динамики щеточных барабанов показало, что технологическое воздействие их ворса на поверхность скольжения зависит от угла встречи последних с этой поверхностью (рис. 1). Для обоснования параметров щеточного барабана пределы этого угла определены по формуле

$$\alpha \leq \pi - (\varepsilon + \rho) \quad (1)$$

где ε , ρ — углы трения напочвенного покрова соответственно по стали и грунту.

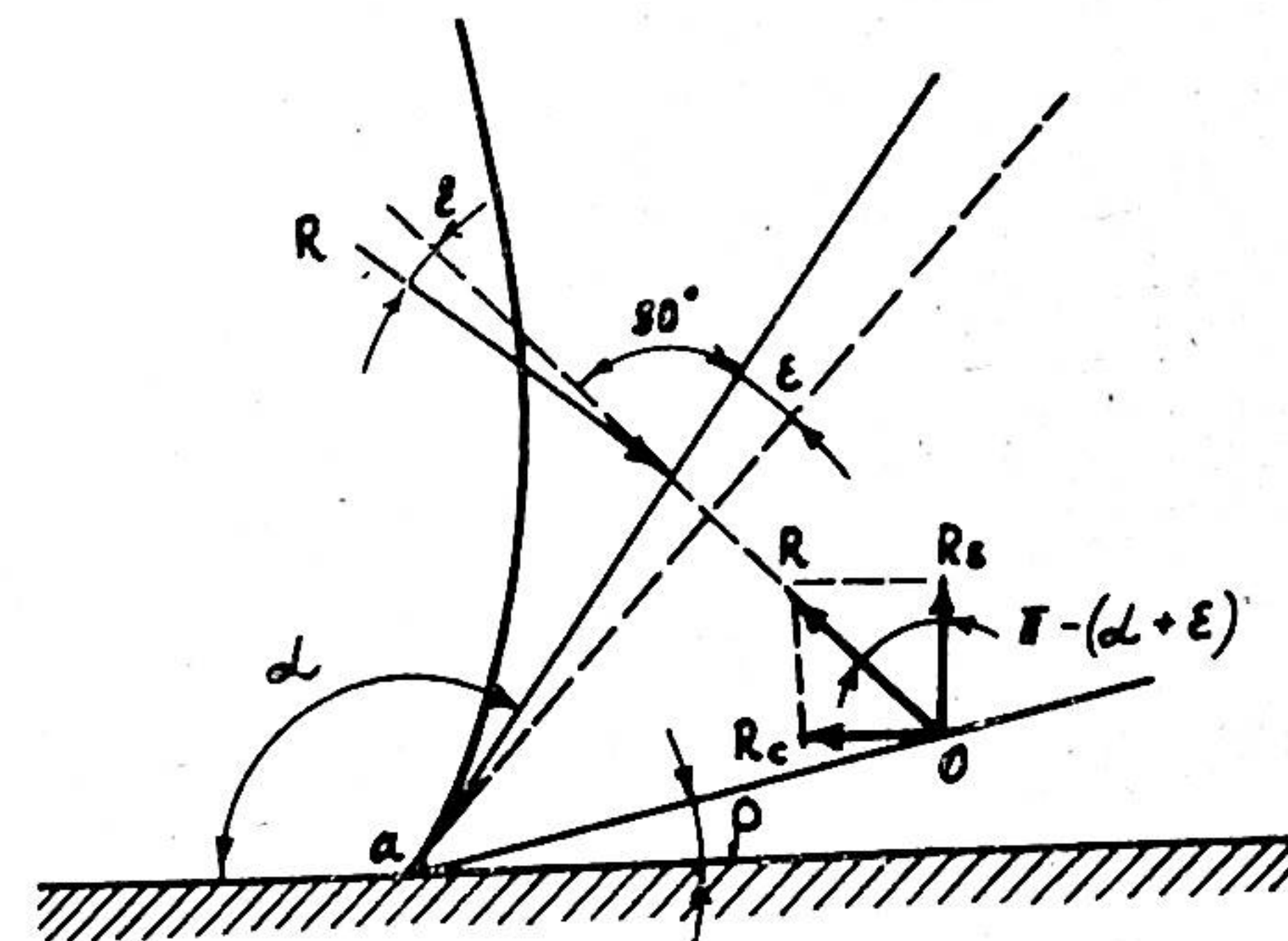


Рис. 1. К определению предельного угла встречи прутка.

За время одного цикла ворс щеточного барабана проходит две фазы: первую, когда он находится в контакте с поверхностью скольжения (рабочая фаза) и другую, когда ворс испытывает только сопротивление воздуха.

Угол встречи для конкретных условий работы щеточного барабана определен и должен быть не более 100° . Стендовые исследования ворса (рис. 6) показывают, что величина такого угла находится в зоне выхода прутков ворса из зацепления с поверхностью скольжения (конец рабочей фазы), т. е. в тот момент, когда $\alpha \approx \frac{\pi}{2}$ (рис. 2).

При этом изгиб прутка вызывает только горизонтальная сила R . Известно, что сила R вызывает поперечный изгиб стержня (прутка), при котором угол поворота концевое сечения определяется

$$\Theta = \frac{RL_0^2}{2EI}, \quad (2)$$

где L_0 — свободная длина прутка;
 EI — жесткость прутка.

Заметим, что в приведенном выражении $\Theta = \alpha - \frac{\pi}{2}$. Тогда жесткость прутка можно выразить уравнением

$$EI = \frac{53,7 RL_0^2}{2\alpha - \pi}, \quad (3)$$

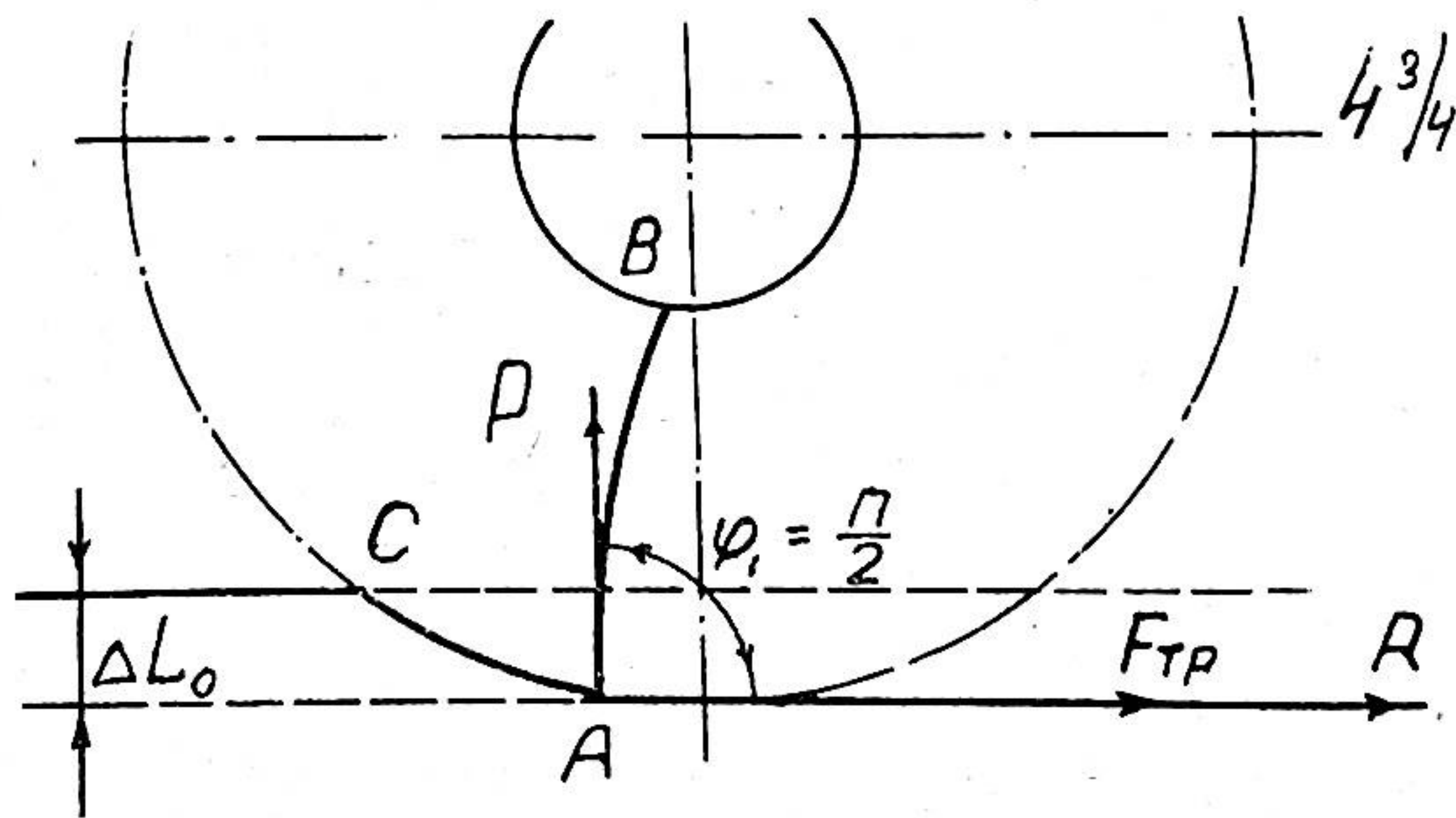


Рис. 2. Изгиб прутка горизонтальной реакцией.

Точное определение вертикальной реакции поверхности скольжения во время вращения прутка задача сложная, но ссылаясь на прежние исследования (Карабан, 1962), можно сказать, что нормальное давление прутка больше инерционных сил в 4 раза, силы трения в 3,5 раза, силы тяжести в 10 раз. К тому же, если учесть, что вертикальная нагрузка выбирается в зависимости от деформации ворса, то можно с некоторым превышением нагрузок рассматривать продольный изгиб прутков под действием только вертикальной реакции или веса щеточного барабана. Значит задача при определении веса щеточного барабана сводится к отысканию нормальной реакции поверхности скольжения при заданном прогибе ворса.

На основании работ (Мучников, 1935; Попов, 1947) зависимость прогиба и нормальной реакции для тонких упругих стержней определяется интегральной зависимостью (рис. 3).

$$\Delta L_0 = \sqrt{\frac{P}{EI}} \left\{ 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \xi} d\xi - \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\xi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \xi}} - \int_0^{\xi_0} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \xi} d\xi + \int_0^{\xi_0} \frac{d\xi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \xi}} \right\}. \quad (4)$$

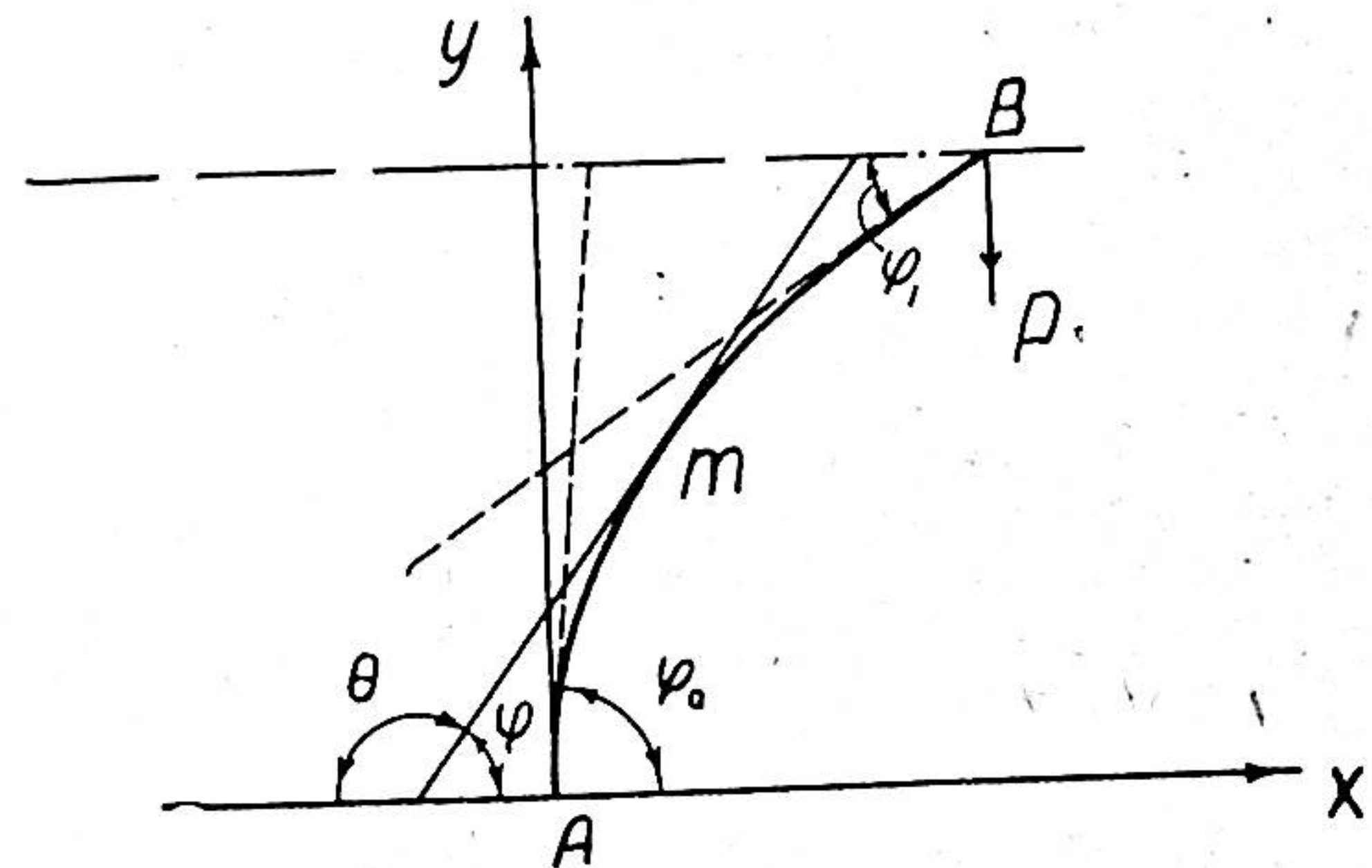


Рис. 3. Изгиб прутка вертикальной реакцией.

Интегралы в скобках — эллиптические интегралы I и II рода, приведенные к лежандровой форме. Для определения их величины должны быть определены k и ξ заметим, что для нашего случая

$$k = \sin(2\varphi_1 - \pi), \quad (5)$$

а

$$\sin \xi_0 = \frac{\sin(\pi - 2\varphi_0)}{k}. \quad (6)$$

Учитывая, что максимальная величина вертикальной реакции возникает при максимальных прогибах ворса, т. е. когда $\alpha \approx \frac{\pi}{2}$ выражение (4) примет вид

$$P_i = \frac{EI \Delta L_0^3}{\left\{ \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \xi} d\xi - \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\xi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \xi}} \right\}^2} \quad (7)$$

При определении нормального давления для текущего угла поворота прутка находится угол $\alpha_1 = \pi - \alpha$ (рис. 6). Зная эту величину, с помощью таблиц для вычисления эллиптических интегралов определено их значение в выражении (7).

Окружная скорость концов ворса щеточного барабана определяется по условию самоочистки ворса в процессе вращательного движения. Такие условия создаются при наибольших окружных скоростях концов ворса. Максимальная скорость концов ворса при их движении за время одного цикла возникает при выходе ворса из зацепления с поверхностью скольжения, т. е. в конце рабочей фазы. Известно, что это скорость складывается из окружной скорости концов ворса $v_{щ}$ и скорости выпрямления прутков ворса v_v ,

$$\bar{V}_{v \max} = \bar{V}_{щ} + \bar{V}_v.$$

Для условия самоочистки щеточного барабана связь числа оборотов и его диаметра для III четверти оборота определена по формуле

$$n \geq \frac{30}{\pi R_{щ}} \sqrt{\frac{g}{R_{щ}}} (\varepsilon - \operatorname{tg} \delta) \quad (8)$$

где g — ускорение свободного падения;
 $R_{щ}$ — радиус щетки;

ε — коэффициент трения скольжения частицы по стали;

δ — коэффициент трения скольжения частицы по поверхности скольжения.

Другое выражение, когда ворс щеточного барабана входит в IV четверть оборота.

$$n \geq \frac{30}{\pi R_{щ}} \sqrt{\frac{\varepsilon g}{R_{щ}}} \quad (9)$$

Для обработки (минерализации) почвы полосами необходима установка щеточного барабана так, чтобы его ось была расположена под некоторым углом к направлению его поступательного перемещения (угол атаки). При этом необходимо учесть, что выбрасывание частиц сметаемого слоя (при условии его полного разрушения) за пределы ширины захвата барабана должно производиться за один рабочий цикл. При этом траекторию движения частицы при выбрасывании в параметрической форме можно записать.

$$\begin{aligned} x &= V_v t \\ y &= \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (10)$$

Для условия выбрасывания частицы за пределы захвата щеточного барабана за один рабочий цикл имеем

$$B_0 = l \cos \gamma_{a \min} \quad (11)$$

или, учитывая (10), при $y_{\max} = B_0$.

$$\gamma_{a \min} = \arccos \frac{B_0}{V_v \sqrt{\frac{2L}{g}}}, \quad (12)$$

где B_0 — ширина полосы (захват барабана);
 l — горизонтальная проекция траектории полета частицы;
 $\gamma_{a \min}$ — угол, определяющий направление вектора \bar{v}_v .

При вращении щеточного барабана «вверх» полного разрушения сметаемого слоя не происходит. Тогда его сдвиг за пределы ширины захвата щеточного барабана возможен при условии

$$\gamma \leq \frac{\pi}{2} - \varepsilon \quad (13)$$

Для проектирования щеточных барабанов определено количество ворса потребное для их набивки или плотность набивки барабана. При этом число прутков в ряду по образующей цилиндра барабана будет равно

$$i_p = \frac{53,7B_0 L_0}{2EJx_0 g (\pi - \alpha/2)} \quad (14)$$

где x_0 — зона действия одного прутка в радиальной плоскости;

g — удельное сопротивление напочвенного покрова отделенного от минерального горизонта.

Количество прутков ворса, расположенных в одном ряду радиальной плоскости вращения щеточного барабана

$$i'_p = \frac{2\pi R_{ш}^2}{R_{ш}^2 k \arccos(1 - h/R_{ш}) - \sqrt{2R_{ш}h - h^2}}, \quad (15)$$

где h — толщина отделяемого слоя;

k — отношение окружной скорости $v_{ш}$ концов ворса к их переносной скорости v_n .

Общее количество ворса для набивки барабана определится

$$i_{\text{общ}} = \frac{107,4B_0 L_0^2 R_{ш}^2}{2EIR_{ш}^2 x_0 q k \arccos(1 - h/R_{ш}) (2\alpha - \pi) - \sqrt{2R_{ш}h - h^2}} \quad (16)$$

Затраты энергии на процесс обработки почвы щеточным барабаном складываются из двух частей: на перемещение при его поступательном движении и непосредственно на работу щеточного барабана.

При установившемся движении агрегата (трактор — покровосдиратель) по прямому горизонтальному участку пути с постоянной поступательной и окружной скоростью барабана выражение баланса мощности двигателя трактора примет вид

$$N_{\text{дв}} = \sum N_{\text{пер}} + \sum N'_{\text{пер}} + N_{ш} + N_3, \quad (17)$$

где: $\sum N_{\text{пер}}$ — сумма затрат энергии, связанных с перемещением трактора;

$\sum N'_{\text{пер}}$ — дополнительные затраты энергии на преодоление сопротивления от взаимодействия поверхности скольжения и щеточного барабана;

$N_{ш}$ — затраты энергии на вращение щеточного барабана;

N_3 — запас мощности двигателя.

Величина $\sum N'_{\text{пер}}$, приведенная к валу двигателя, определяется

$$\sum N'_{\text{пер}} = \frac{T_x V_n}{\eta}, \quad (18)$$

где:

T_x — составляющая силы тяги от силы трения барабана о поверхность скольжения;

η — к.п.д., учитывающий потери в трансмиссии от двигателя до вала щеточного барабана.

При вращении щеточного барабана в процессе обработки почвы имеют место затраты энергии на:

а) преодоление сил трения ворса о поверхность скольжения

$$N_{\text{тр}} = \sum N_i f_{ш} V_{\text{ср}} \quad (19)$$

б) отделение слоя напочвенного покрова

$$N_o = b x_0 q V_{\text{ср}} i_k \quad (20)$$

в) на отбрасывание частиц почвы

$$N_n = \frac{T_1 n}{60}, \quad (21)$$

где:

T_1 — изменение кинетической энергии всех частиц отбрасываемых за один оборот барабана;

г) на преодоление сопротивления воздуха вращению щеточного барабана

$$N_o = \int_{R_1}^{R_2} dP_o V_{ш} \quad (22)$$

д) необратимая часть энергии, затрачиваемая на деформацию ворса,

$$N_o = i_k \varphi_{\text{max}} V_{\text{ср}} \frac{EI}{L_o}, \quad (23)$$

где:

φ_{max} — угол поворота граничных сечений прутка ворса, рад.

Таким образом, мощность на валу щеточного барабана будет равна

$$N_{щ} = N_{пер} + N_o + N_n + N_v + N_d \quad (24)$$

Это справедливо для установки барабана, когда его ось перпендикулярна направлению поступательного перемещения. Для щеточного барабана, установленного под углом атаки, плоскость вращения прутков ворса не совпадает с плоскостью его перемещения при поступательном движении. Поэтому составляющие общих затрат энергии $N_{тр}$ и N_o должны учитывать этот момент. При этом к угловому перемещению концов ворса в плоскости вращения прибавляется также их смещение вдоль его оси. Таким образом, отклонение концов прутков ворса происходит под некоторым углом

$$\gamma_{в} = \frac{\pi}{2} - (\gamma + \gamma_a) \quad (25)$$

к плоскости их вращения. Вследствие этого угол поворота граничных сечений прутков может быть определен

$$\varphi'_{max} = \frac{\varphi_{max}}{\sin(\gamma + \gamma_a)} \quad (26)$$

Общие затраты энергии определяются суммированием всех составляющих с учетом указанных замечаний.

Представленный баланс мощности на привод щеточного барабана отражает физический процесс обработки почвы щеточным покровосдирателем.

Проверке основных положений теории в сопоставлении с опытом и качественной оценке некоторых параметров, входящих в теоретические зависимости, посвящена экспериментальная часть исследования.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЩЕТОЧНЫХ БАРАБАНОВ

Исследование действия прутков ворса щеточных барабанов на поверхность скольжения в разные периоды его движения в рабочей фазе определялись с помощью специальных стендов.

На одном из них исследовались давление прутка на поверхность скольжения и угол встречи с ней при статических его положениях в зависимости от угла поворота

сердечника и перемещения конца прутка относительно поверхности скольжения (рис. 4 и 5). Из рис. 4 и 5 видно, что нормальное давление ворса на поверхность скольжения прямо пропорционально жесткости ворса; нормальное давление прутков ворса в зоне входа в контакт с поверхностью скольжения больше, чем в зоне его выхода из контакта с ней. Поэтому средняя величина нормального давления создает реактивный момент, препятствующий вращению щетки.

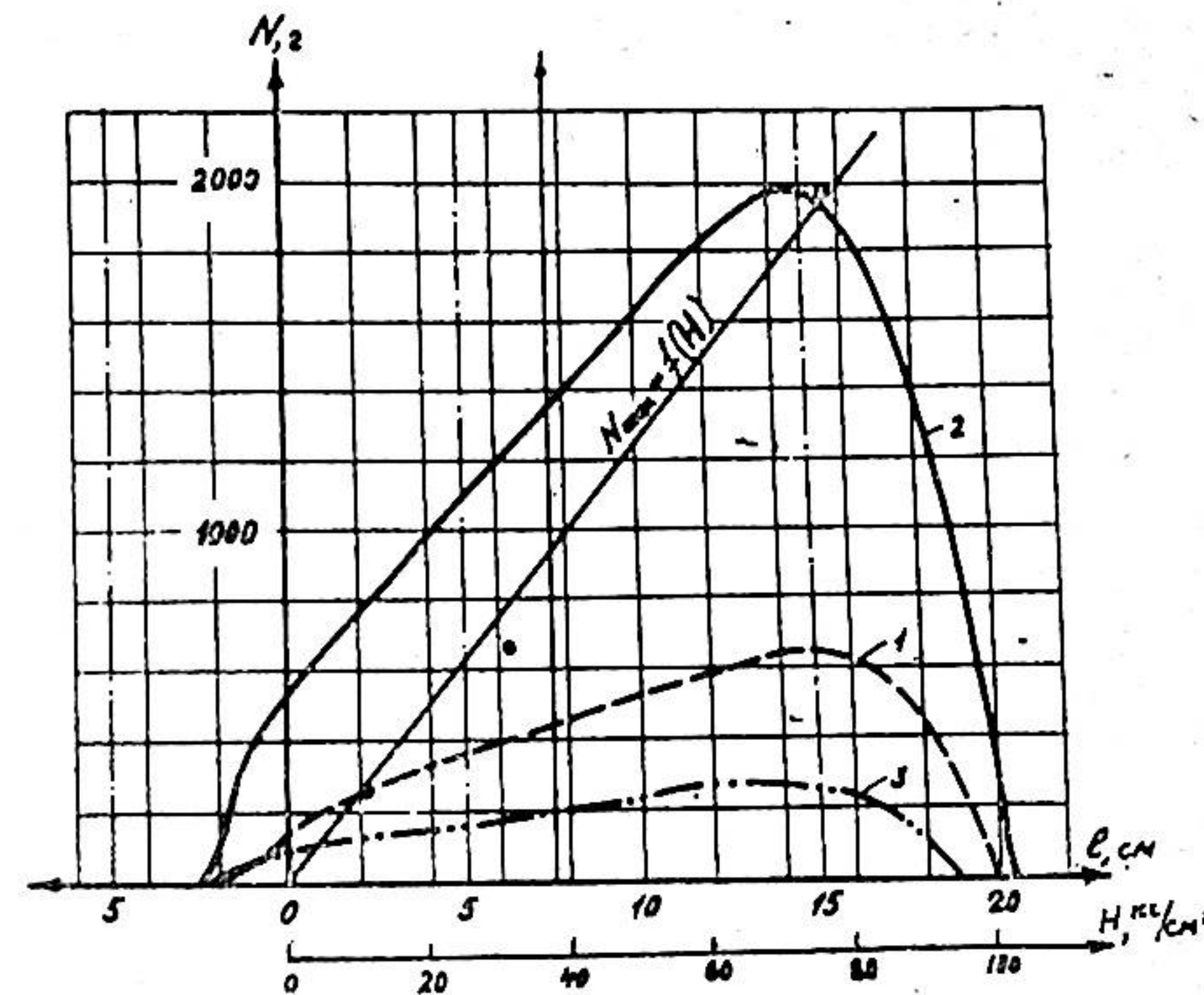


Рис. 4. Изменение нормального давления прутков различной жесткости в функции их линейного перемещения по поверхности скольжения при

$$L_0 = 200 \text{ мм}; \Delta L_0 = 30 \text{ мм}$$

1 — прядь стального каната $\varnothing 9,3$ мм; 2 — прядь стального каната $\varnothing 12,5$ мм; 3 — стальная проволока $\varnothing 1$ мм.

На рис. 6 представлены экспериментальные зависимости изменения угла встречи прутков с поверхностью скольжения в зависимости от угла поворота сердечника для прутков разной жесткости. На графике (рис. 6) видно, что верхний предел угла α находится в зоне свободного выхода прутка, что подтверждает выводы, полученные при теоретических исследованиях.

На другом стенде определялось давление ворса щеточного барабана на поверхность скольжения в зависи-

мости от окружной скорости концов ворса и его прогиба. Анализ экспериментальных данных показал, что при вращении ворса щеточного барабана в пределах окружных скоростей от 5,8 до 9,6 м/сек нормальное давление на поверхность скольжения увеличивается на 9%, а увеличение прогиба ворса от 10 до 30 мм при определенной скорости вызывает увеличение этого давления в среднем на 8%.

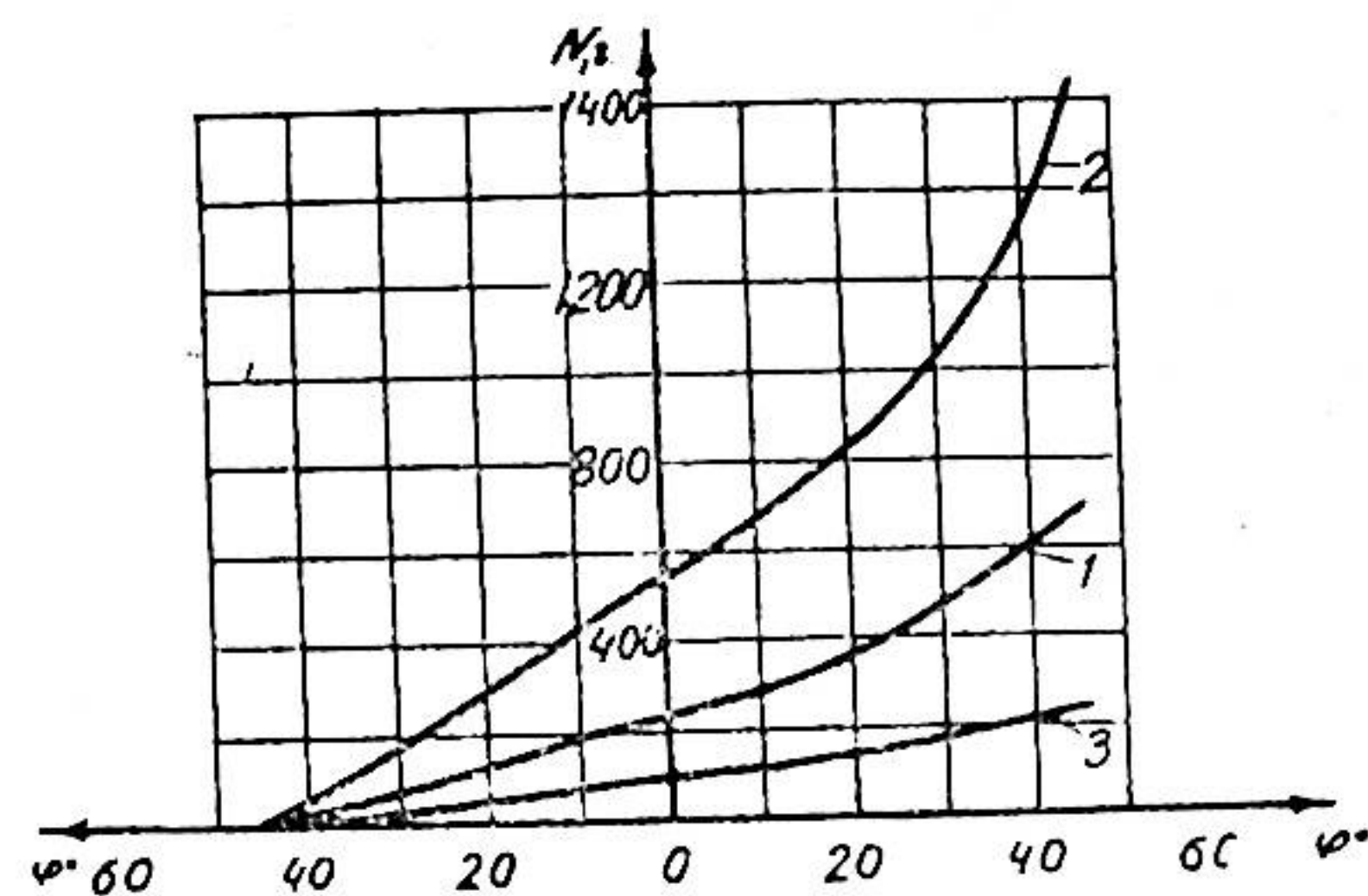


Рис. 5. Изменение нормального давления прутков различной жесткости в функции угла поворота сердечника при $L_0=200$ мм, $\Delta L_0=30$ мм.

- 1 — прядь стального каната $\varnothing 9,3$ мм;
2 — прядь стального каната $\varnothing 12,5$ мм;
3 — стальная проволока $\varnothing 1$ мм.

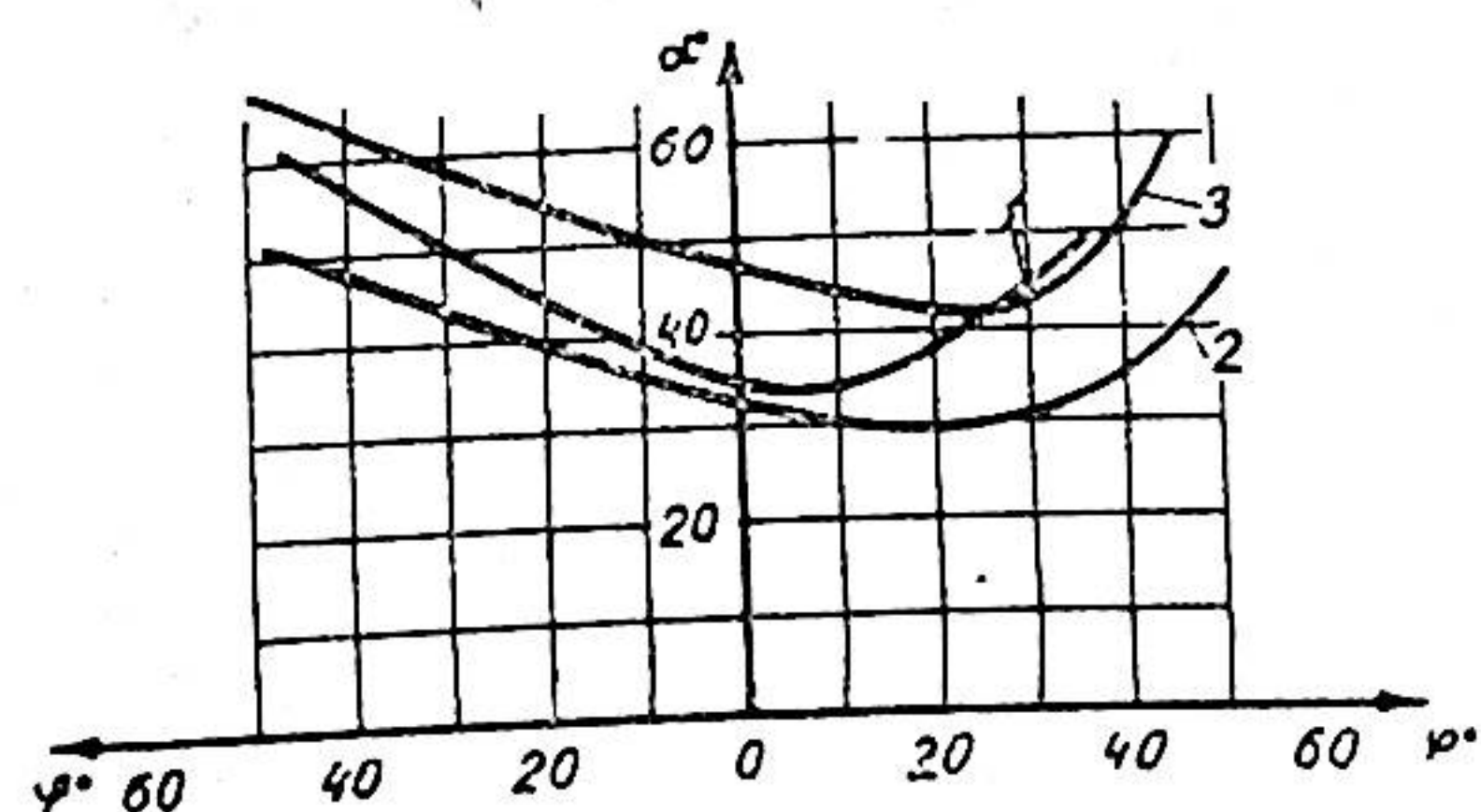


Рис. 6. Изменение угла встречи прутков разной жесткости в функции угла поворота сердечника.

- 1 — Прядь стального каната $\varnothing 9,3$ мм.
2 — Прядь стального каната $\varnothing 12,5$ мм.
3 — Стальная проволока $\varnothing 1$ мм.

В результате теоретических и экспериментальных исследований были определены основные параметры щеточных барабанов, которые послужили основой для их проектирования.

Для исследования опытных вариантов щеточных барабанов и шнека в полевых условиях создана экспериментальная установка, которая позволила изменять их параметры в широких пределах и размещать измерительную аппаратуру.

При полевых исследованиях критерием оптимальности параметров щеточного барабана являлось качество обработки почвы (степень ее минерализации, глубина рыхления минерального слоя почвы, глубина хода и др.).

Полевые исследования щеточных барабанов проводились на двух объектах в сосняке брусничном с песчаными безвалунными почвами и в ельнике черничном с супесчаными завалуненными почвами и мощным напочвенным покровом, т. е. в наиболее типичных условиях местопроизрастания.

При этих исследованиях установлено: относительная жесткость прутков ворса менее 1 кг/см^2 при расчетном соотношении окружной скорости барабана к поступательной агрегата недостаточна для разрушения напочвенного покрова и отделения его от минерального горизонта почвы; наиболее эффективно обработка почвы происходит при вращении щеточного барабана «вверх». Влияние отдельных параметров щеточного барабана на степень нарушения напочвенного покрова можно видеть на рис. 7. Анализ экспериментальных данных показывает, что наибольшее влияние на степень минерализации почвы оказывает угол атаки барабана, соотношение скоростей $\frac{v_{щ}}{v_n}$ и относительная жесткость ворса при прочих равных условиях.

При этих же исследованиях определялись энергозатраты на привод щеточного барабана в процессе работы при изменении некоторых параметров щеточного барабана. Определение производилось путем замера крутящего момента на промежуточном валу, который служил одновременно тензозвеном.

По экспериментальным данным о крутящих моментах и числах оборотов определялась мощность, затрачиваемая

на процесс обработки почвы, выявлялись средние и максимальные нагрузки, возникающие в приводе рабочего органа.

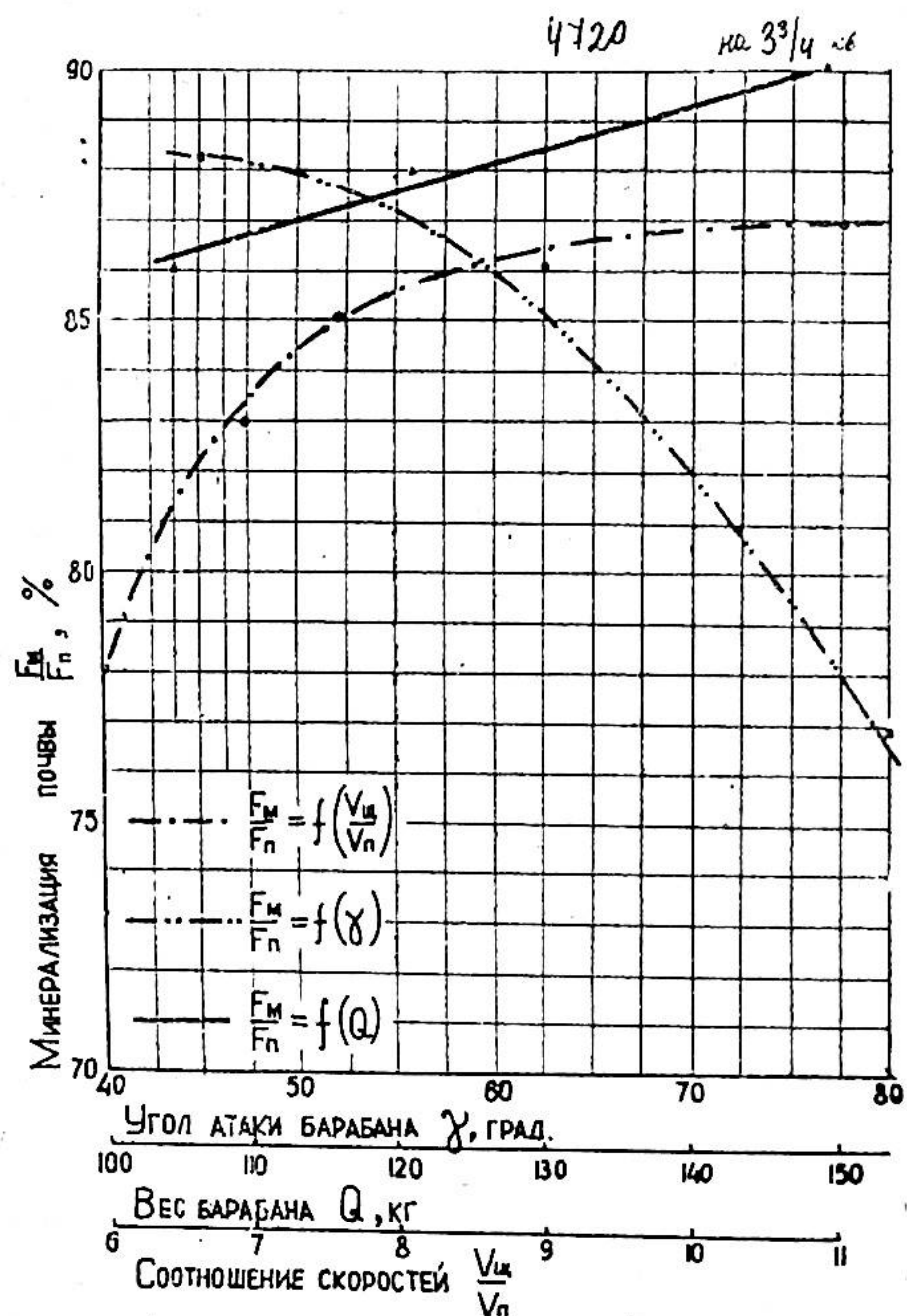


Рис. 7. Влияние изменения параметров щеточного барабана на степень минерализации почвы.

Рабочим органом при замерах крутящего момента был барабан с ворсом из прядей стального каната диаметром 12,5 мм, относительная жесткость которых равнялась 5,2 кг/см. Ширина рабочей части барабана (по ворсу) была 600 мм, соотношение скоростей — $k=8$.

Переменными величинами при опытах были угол атаки щеточного барабана, который изменялся от 45 до 75° с интервалом 15° и вес барабана — от 105 до 137 кг.

Результаты опытов по определению затрат энергии на

процесс обработки почвы щеточным барабаном представлены на рис. 8.

Данные эксперимента показывают, что с увеличением угла атаки щеточного барабана с 45° до 75° при его весе 105 кг затраты энергии увеличились на 8%, а с увеличением веса барабана со 105 до 137 кг при угле атаки барабана 60° — на 8,7%.

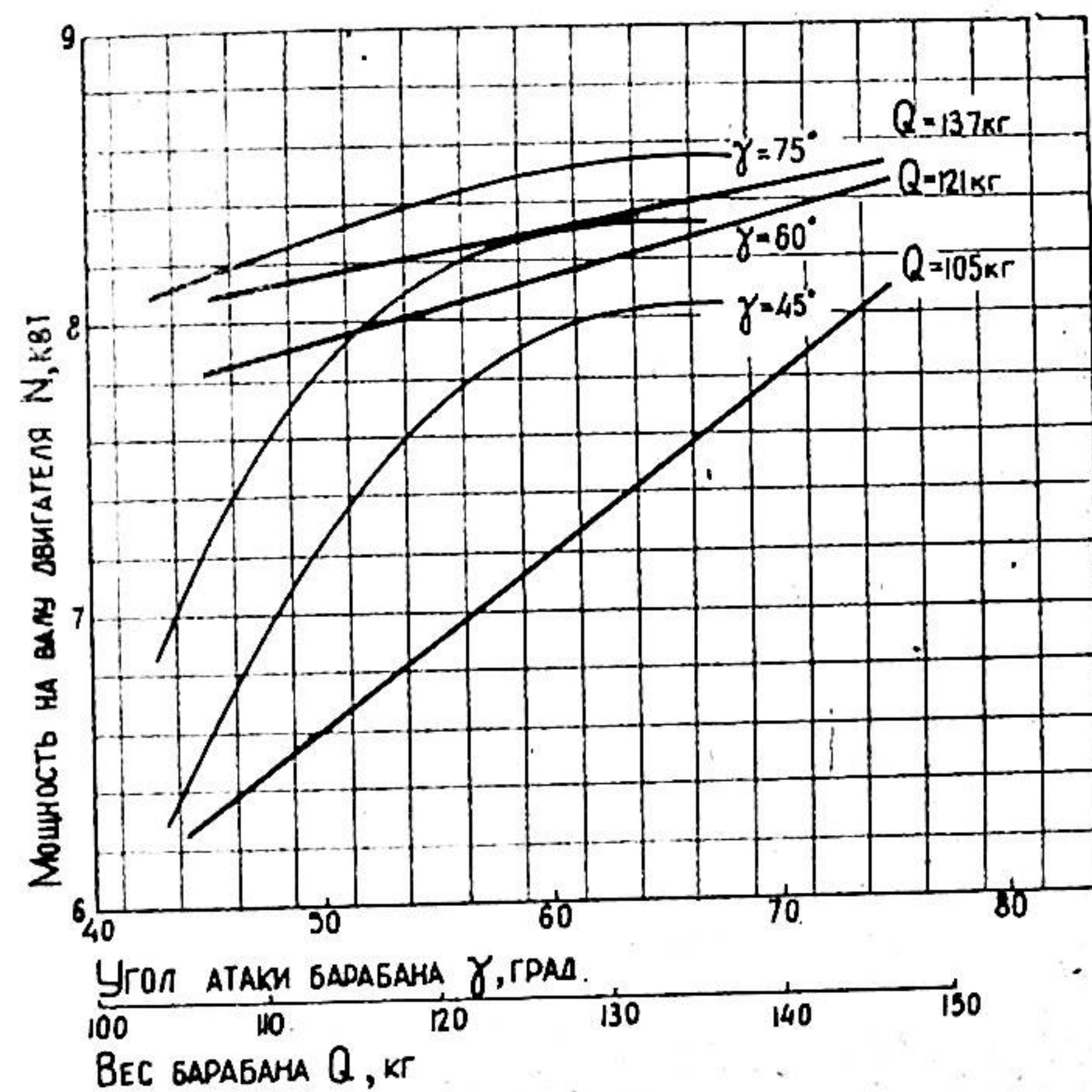


Рис. 8. Затраты энергии на работу щеточного барабана при изменении его угла атаки и веса.

Анализ осциллограммы крутящего момента на валу щеточного барабана показывает, что его изменения имеют колебательный характер. Значение максимального момента в опыте были в 3 раза больше среднего его значения.

Экспериментальные данные обработаны методом вариационной статистики. При этом ошибка опытов не превышала 4%.

Проведенные исследования явились основанием для проектирования экспериментального образца щеточного покровосдирателя, испытания которого в производственных условиях дали положительные результаты.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Изучение вопроса поверхностной обработки почвы путем удаления напочвенного покрова с помощью средств механизации поставило перед нами задачу создания почвообрабатывающего орудия. Для этого была необходимость провести исследования по выбору главной части орудия — рабочего органа с обоснованием его параметров.

При выборе рабочего органа покровосдирателя были учтены:

1. агротехнические требования к обработке лесной почвы;
2. особенности лесокультурных объектов в зоне широкого применения орудия;
3. физико-механические свойства напочвенного покрова и верхнего слоя минеральной части почвы;
4. отечественный и зарубежный опыт применения почвообрабатывающих орудий для поверхностной обработки почвы, а также научные исследования в этом направлении.

Агротехнические исследования и производственный опыт показывают, что обработка почвы для создания лесных культур и при содействии естественному лесовозобновлению на объектах с дренированными почвами для большинства районов таежной зоны должна производиться путем удаления напочвенного покрова полосами или площадками. При этом минерализованная поверхность рыхлится на глубину заделки семян.

Особенности лесокультурных объектов, относящиеся в основном к Европейскому Северу, заключаются в следующем: для значительной части этой территории характерен пересеченный рельеф и резковыраженный микро-рельеф; неоднородность механического состава почв характеризует сильная завалуненность, что является главным препятствием для работы почвообрабатывающих орудий и их рабочих органов.

Изучение физико-механических свойств напочвенного покрова и верхнего слоя минеральной части почвы показывают, что они резко отличны. Это обстоятельство имеет определенное значение при выборе способа их разделения при указанной агротехнике.

Исследование и опыт применения машин и орудий для обработки лесной почвы путем ее минерализации на Севере, а также изучение технологии обработки почвы другими орудиями, не прошедшими испытания в этих районах, дает основание сказать, что обработка почвы рабочими органами этих орудий не отвечает в полной мере требованиям агротехники и условиям работы (каменистость). Исследования показывают, что для поверхностной обработки почвы необходимо применять орудия с ротационными рабочими органами.

Таким образом, выбор рабочего органа покровосдирателя объективно обуславливается указанными выше аргументами.

В результате проведенной работы установлено:

1. Рабочим органом лесного покровосдирателя при обработке почвы должен быть щеточный барабан активного действия.

2. Основные параметры щеточного барабана и их оптимальные значения:

а) Геометрические размеры ворса и его жесткость $H_0 = 1,5 \div 5$ кг/см.

б) Угол атаки щеточного барабана при установке его на раме машины $\gamma = 45-60^\circ$.

в) Вес щеточного барабана $Q = 100-140$ кг.

г) Соотношение окружной скорости концов ворса барабана к его поступательной скорости $k = 6-10$.

д) Затраты энергии на процесс обработки почвы щеточным барабаном $10-12,0$ квт на 1 п. м. захвата барабана.

е) Габариты щеточного барабана по ворсу $B_0 = 0,7$ м.

3. Теоретические зависимости между параметрами щеточного барабана.

4. Количество ворса для набивки щеточного барабана $6-8$ тыс. шт. на 1 п. м. ширины захвата барабана.

5. Коэффициенты трения лесной подстилки по стали и грунту, которые соответственно равны $0,76$ и $0,93$.

6. Прямолинейная зависимость между жесткостью ворса и его давлением на поверхность скольжения при переносной скорости щеточного барабана равной нулю и при малых угловых скоростях.

7. Зависимость нормального давления ворса в разных сечениях поверхности скольжения в функции угловой скорости щеточного барабана и прогиба ворса. При

окружной скорости концов ворса 6—10 м/сек наибольшее давление на поверхность скольжения создается последним в зоне входа в контакт с поверхностью скольжения.

8. Анализ уравнений равновесия щеточных барабанов при разных способах их подвески на раме машины показывает, что наиболее рациональный из них для условий работы лесного покровосдирателя — подвеска барабана на тянущей рамке.

9. Полевые исследования шнека, как рабочего органа лесного покровосдирателя, показывают, что он мало пригоден для обработки каменистых почв.

10. Полевые исследования щеточного покровосдирателя подтвердили его пригодность не только для подготовки почвы для посева хвойных пород, содействия естественному возобновлению, прокладки противопожарных полос, но и для предварительной подготовки почвы под посадку культур на интенсивно осушенных верховых болотах путем удаления живого напочвенного покрова, чем подтверждается его широкое применение в лесном хозяйстве.

11. Результаты экспериментальных исследований достаточно близки к расчетным. Тем самым подтверждается пригодность теоретических зависимостей для расчета параметров щеточных барабанов, а также для теоретических исследований общих конструктивных параметров щеточного покровосдирателя.

Анализ материалов исследований и выводов позволяет сделать следующие рекомендации:

1. Проектный расчет основных параметров щеточного барабана следует вести по полученным в теоретической части формулам, которые обеспечивают необходимую их точность и учитывают реальные условия работы лесного покровосдирателя.

2. Для повышения надежности работы щеточного покровосдирателя необходимо: а) подвеска щеточного барабана к машине на тянущей рамке; б) установка предохранительной муфты и регулировка ее на продельный расчетный момент; в) применение ворса для набивки щеточных барабанов из слаболигированных сталей.

3. При передаче крутящего момента от вала отбора мощности трактора целесообразно иметь двухскоростной редуктор, позволяющий регулировку скоростного коэффициента первой ступени 6, второй — 9.

4. Следует провести исследования и конструкторские работы гидромеханической передачи, обеспечивающей плавную регулировку скорости вращения и непосредственную передачу крутящего момента на рабочий орган от гидротрансформатора.

5. Прочностный расчет силовой передачи привода щеточных барабанов следует вести, исходя из фактически полученных значений максимальной мощности, превышающих среднюю внешнюю нагрузку в 3 раза.

Проведенная работа дает основание сказать, что ряд вопросов требует дальнейших исследований щеточных покровосдирателей в направлении: математического описания движения систем подобных ворсу щеточного барабана; отыскания оптимальных режимов для разных условий работы и влияние их на тяговое сопротивление и мощностной баланс щеточного покровосдирателя; исследование условий равновесия щеточных барабанов в поперечном направлении при действии сил вдоль щеточного барабана при установке его под углом атаки; обеспечения долговечности работы ворса; исследования физико-механических свойств напочвенного покрова; применения гидромеханической передачи для привода рабочего органа; определения энергоемкости процесса обработки почвы щеточным барабаном в разных условиях местопроизрастания.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих печатных работах автора:

1. О выборе и исследовании рабочих органов покровосдирателей ротационного типа. Сб. научных работ. Карельское книжное издательство. Петрозаводск, 1967 (в соавторстве с А. П. Шуйским).

2. Испытание ротационных рабочих органов для поверхностной обработки почвы в условиях Севера. Лесохозяйственная информация (реф. вып.), 1968, № 15 (в соавторстве с Е. Н. Гляндер).

3. Решение Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР о выдаче авт. свид. на изобретение «Ротационная почвообрабатывающая машина», № 1309755/30—15 от 18/VIII — 1970 г.

Отзывы на автореферат
просим присылать в 2-х экземплярах по адресу:
Ленинград, К-18, Институтский пер., 5, ЛТА им. С. М. Кирова.
Ученый совет

Подл. к печати 21/XI-70 г. Е-01276 Заказ 4720. Тираж 130. Бесплатно

Типография им. Анохина
Управления по печати при Совете Министров Карельской АССР
г. Петрозаводск, ул. «Правды», 4