

УДК 631.3 (075.5)

UDC 631.3 (075.5)

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Technologies and means of agricultural mechanization

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ПАХОТНО-ФРЕЗЕРНОГО
АГРЕГАТА**

**THEORETICAL JUSTIFICATION OF
CONSTRUCTIVE AND REGIME PARAMETERS
OF THE ARABLE AND MILLING UNIT**

Ашабоков¹ Хачим Хазраилович
аспирант
SPIN – код автора: 2423-1922
hachik917@mail.ru

Ashabokov¹ Hachim Hazrailovich
graduate student
RSCI SPIN - code: 2423-1922
hachik917@mail.ru

Апажев¹ Аслан Каральбиевич
д.т.н., доцент
SPIN – код автора: 1530-1950
kbr.apagev@yandex.ru

Apazhev¹ Aslan Karalbiyevich
Dr.Sci.Tech., associate professor
RSCI SPIN - code: 1530-1950
kbr.apagev@yandex.ru

Шекихачев¹ Юрий Ахметханович
д.т.н., профессор
SPIN – код автора: 4107-1360
shek-fmep@mail.ru

Shekihachev¹ Yury Ahmethanovich
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN - code: 4107-1360
shek-fmep@mail.ru

Хажметов¹ Лиуан Мухажевич
д.т.н., профессор
SPIN – код автора: 6145-0808
hajmetov@yandex.ru

Hazhmetov¹ Liuan Mukhazhevich
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN - code: 6145-0808
hajmetov@yandex.ru

Фиапшев¹ Амур Григорьевич
к.т.н., доцент
SPIN – код автора: 2111-4506
energo.kbr@rambler.ru

Fiapshev¹ Amur Grigoryevich
Cand.Tech.Sci., associate professor
RSCI SPIN - code: 2111-4506
energo.kbr@rambler.ru

Курасов² Владимир Станиславович
д.т.н., профессор
SPIN-код автора: 7925-1853
e-mail: kurasoff@gmail.com

Kurasov² Vladimir Stanislavovich,
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN-code: 7925-1853
e-mail: kurasoff@gmail.com

¹Кабардино-Балкарская государственная аграрная
университет имени В.М. Кокова, Нальчик, Россия

¹Kabardino-Balkarian State Agrarian University named
after V.M. Kokov, Nalchik, Russia

²Кубанский государственный аграрный
университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар,
Россия

²Kuban State Agrarian University named after I. T.
Trubilin, Krasnodar, Russia

Предпосевная подготовка почвы в Центральной части Северного Кавказа по традиционной технологии возделывания сельскохозяйственных культур предполагает использование однооперационных почвообрабатывающих машин и агрегатов. В результате им приходится совершать многократные проходы, приводящие к повышению энергетических затрат, уплотнению почвы, возникновению и развитию эрозионных процессов. К тому же используемая сельскохозяйственная техника характеризуется низкой

Pre-planting preparation of soil in the Central part of the North Caucasus according to the traditional technology of cultivation of crops involves the use of single-operation soil processing machines and aggregates. As a result, they have to make multiple passes, resulting in increased energy consumption, soil compaction, and the emergence and development of erosion processes. In addition, the agricultural machinery used is characterized by the low operability and reliability of the working elements and their joint assemblies, which leads to a decrease in productivity,

работоспособностью и надежностью рабочих органов, узлов их соединений, что приводит к снижению производительности, вследствие чего агротехнические требования к технологическому процессу предпосевной подготовки почвы зачастую не соблюдаются. Для решения указанных выше проблем предлагается пахотно-фрезерный агрегат для предпосевной подготовки почвы. Обоснована конструктивно-технологическая схема.

Отличительными особенностями предлагаемой конструкции являются: возможность основной обработки почвы с одновременным измельчением крупных почвенных глыб, комков, растительных остатков и выравниванием поверхности почвы; возможность изменения угла установки роторного измельчителя и глубины обработки почвы в зависимости от типа обрабатываемой почв; высокое качество подготовки почв к посеву; обеспечение снижения энергетических затрат за счет совмещения технологических операций при подготовке почв к посеву; отсутствие дорогостоящих узлов и деталей; потребность в меньшем количестве энергетических средств для агрегатирования при для подготовки почв к посеву. В результате проведенных теоретических исследований установлены рациональные значения основных параметров предлагаемого пахотно-фрезерного агрегата, оказывающих определяющее влияние на процесс его работы: скорость передвижения 1,5...2,0 м/с; угол атаки рабочего органа 20...30°; угловая скорость вращения рабочего органа 20...25 с⁻¹

Ключевые слова: ПОЧВЫ, ПЛОДОРОДИЕ, СТРУКТУРА ПОЧВЫ ОБРАБОТКА, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ГЛЫБ, ВЫРАВНИВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ, КОМБИНИРОВАННЫЕ АГРЕГАТЫ, РОТАЦИОННЫЕ РАБОЧИЕ ОРГАНЫ

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-152-023>

so that the agricultural requirements for the process of pre-sowing soil preparation are often not met. In order to solve the above-mentioned problems, an arable milling unit for pre-sowing soil preparation is proposed. Its structural and technological scheme is justified. The distinctive features of the proposed design are the possibility of the main soil treatment with simultaneous grinding of large soil clumps, lumps, plant residues and levelling of the soil surface; possibility of changing the installation angle of the rotary grinder and depth of soil treatment depending on the type of treated soil; high quality of soil preparation for sowing; provision of energy consumption reduction due to combination of technological operations in preparation of soils for sowing; lack of expensive assemblies and parts; the need for less energy for aggregation when preparing soils for sowing. As a result of the theoretical studies carried out, rational values of the main parameters of the proposed arable milling unit have been established, which have a decisive influence on the process of its operation: speed of movement 1.5... 2.0 m/s; Angle of attack of working element 20... 30°; Angular rotation speed of the working tool 20... 25 s⁻¹

Keywords: SOILS, FERTILITY, STRUCTURE OF THE SOIL PROCESSING, CRUSHING OF BLOCKS, ALIGNMENT OF THE SURFACE, COMBINED UNITS, ROTATIONAL WORKING BODIES

Анализ конструктивных особенностей современной комбинированной почвообрабатывающей техники свидетельствует о большом интересе к накопленному опыту при совершенствовании машин и агрегатов в направлении обеспечения таких мер, как полный оборот пласта, измельчение почвенных глыб и комков, растительных остатков и одновременной их заделкой в почву, выравниванием и уплотнением почвенной поверхности.

Используя специальные приспособления, одновременно с процессом уплотнения обрабатываемой поверхности (на глубину 0,05...0,06 м), дополнительно осуществляется крошение почвенного пласта и выравнивание поверхности поля.

Основные недостатки комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов, содержащих пассивные рабочие органы: потребность в больших полосах для осуществления разворота; средне- и тяжелосуглинистые почвы подготавливаются к посевным работам с низким качеством.

Для подготовки среднетяжелых и тяжелых почв к посеву при традиционной технологии приходится совершать несколько проходов тяжелыми дисковыми боронами, обработанное поле оставляется до весны для того, чтобы после воздействия атмосферных осадков было менее энергозатратно подготовить почву к посеву. Подобная технология подготовки почв к посеву сопровождается большими потерями времени, значительным уплотнением почвы, чрезмерным расходом топливно-смазочных материалов и повышенными затратами труда.

На современном этапе развития агропромышленного комплекса на передний план выдвигается проблема максимальной загрузки энергонасыщенных высокоскоростных колесных тракторов.

Для реализации через ВОМ трактора неиспользуемой мощности двигателя рекомендуется применять активные рабочие органы в агрегате с плугом. При этом попутное вращение активного рабочего органа сопровождается возникновением подталкивающей силы, направление которой совпадает с направлением движения трактора.

Для систематизации и учета накопленного опыта и результатов исследований процесса работы почвообрабатывающих машин и агрегатов, оснащенных активными рабочими органами, проблема теории и их расчета

рассмотрены на примере средств механизации с активными ротационными рабочими органами.

Учитывая, что активные ротационные средства механизации, в частности, фрезы, выполняют технологический процесс с большими затратами энергии, следует при проведении теоретических исследований определить параметры, обеспечивающие минимальную энергоёмкость обработки почвы.

На основании изложенного выше разработана конструкция пахотно-фрезерного агрегата (рис. 1) [1-10], включающая плуг 1 и измельчитель 2, который представляет собой барабан с вырезами, которые образуют секции. На каждой секции установлены по три режущих 3 и ударных 4 ножей.

Процесс работы пахотно-фрезерного агрегата следующий. Совершая вращательное движение, режущие ножи 3 осуществляют разрушение почвенных глыб, параллельно измельчают и заделывают растительные остатки в почву. Ударные ножи 4 дополнительно разбивают крупные почвенные глыбы.

В результате поступательного перемещения режущие ножи 3 своими боковыми поверхностями осуществляют перемещение разрыхленной почвы в сторону и заравнивание борозд, образованных плужными корпусами. Комки почвы, обработанные режущими 3 и ударными 4 ножами, при попадании в межсекционное пространство измельчителя 2, соударяются, притираются, вследствие чего дополнительно крошатся и равномерно распределяются по почвенной поверхности.

Таким образом, при работе пахотно-фрезерного агрегата происходит обработка только посевного слоя. Такая подготовка почвы к посеву обеспечивает сохранение почвенной влаги на глубине, т.е. создаются благоприятные условия для быстрого всхода семян.

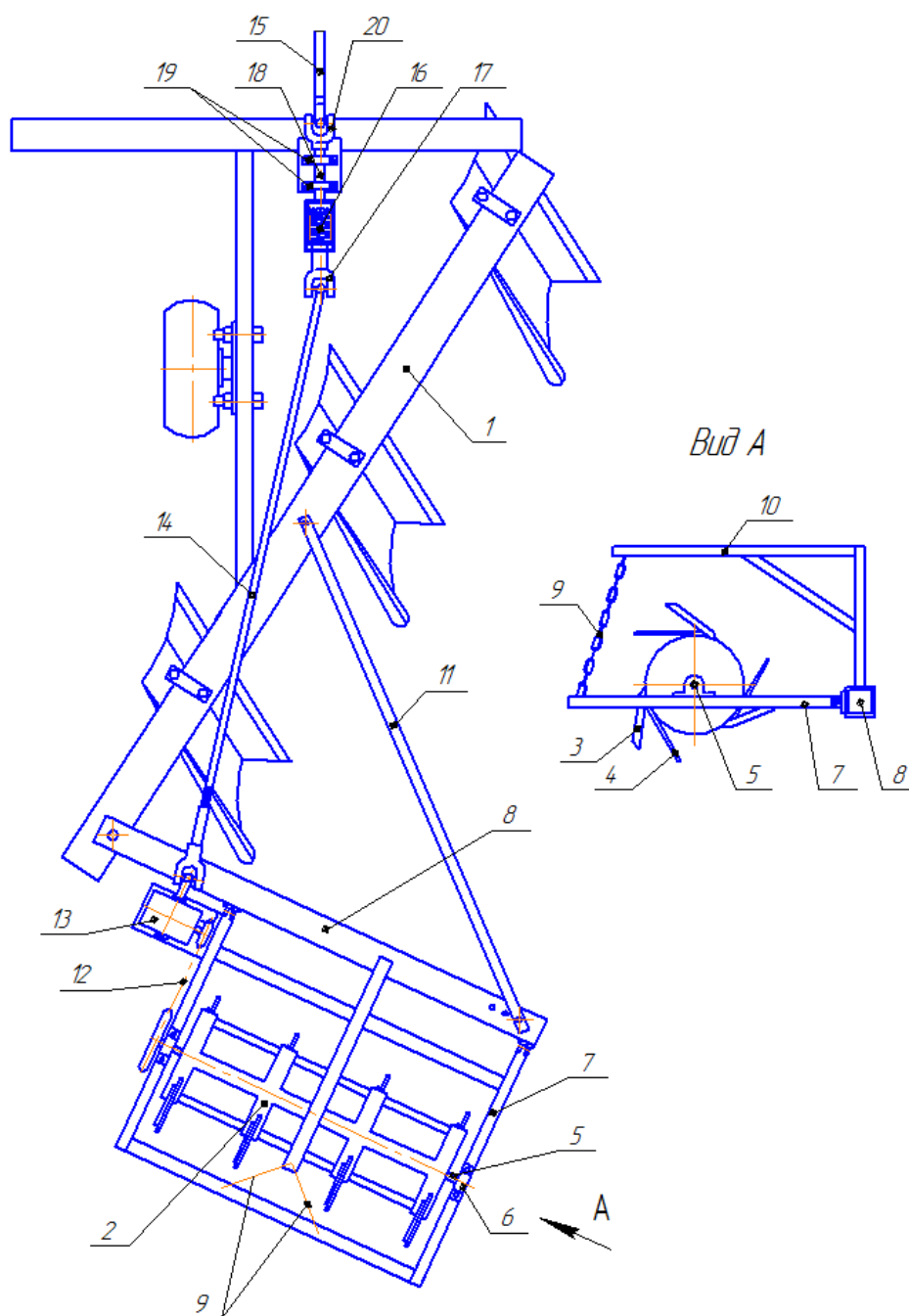


Рисунок 1 – Схема пахотно-фрезерного агрегата:

1 – рама плуга; 2 – измельчитель; 3 – режущий нож; 4 – ударный нож; 5 - вал; 6, 19 – подшипники; 7 – рама измельчителя; 8 – несущая балка; 9 – гибкая связь; 10 – подвеска; 11 – металлическая планка; 12 – цепная передача; 13 – конический редуктор; 14, 15 – телескопический карданный вал; 15 – ведущий карданный вал; 16 – предохранительный механизм; 17, 20 – крестовины; 18 – промежуточный вал

В случае встречи агрегата с препятствием, происходит срабатывание предохранительного механизма 16, отсоединяющего телескопический карданный вал 14 от ведущего карданного вала 15, что прерывает передачу крутящего момента измельчителю 2. Рама измельчителя 7 перемещается вверх и препятствие преодолевается.

Преимуществами предлагаемого пахотно-фрезерного агрегата по сравнению с известными конструкциями следующие: одновременное осуществление основной обработки почвы, измельчения крупных глыб почвы, растительных остатков и выравнивания почвенной поверхности; варьирование углом установки измельчителя и глубиной обработки почвы с учетом типа обрабатываемой почвы; качественная подготовка почвы к посеву; низкие энергозатраты; отсутствие дорогостоящих узлов и деталей.

Теоретические исследования проведены с учетом следующих допущений согласно [11, 12].

Угол установки ножа τ с учетом сил, приложенных в точке B (рис. 2), определится таким образом (рис. 3):

$$\sum X_{F_i} = 0; P_X - F_{HK_X} - F_{PK_X} + N_X = 0, \quad (1)$$

$$\sum Y_{F_i} = 0; F_{HK_Y} + F_{PK_Y} - P_Y = 0, \quad (2)$$

$$\sum Z_{F_i} = 0; F_{HK_Z} + F_{PK_Z} - P_Z + N_Z = 0, \quad (3)$$

где P_X, P_Y, P_Z – силы резания, Н;

$F_{PK_X}, F_{PK_Y}, F_{PK_Z}$ – силы трения в системе «комков почвы-поверхность почвы», Н;

$F_{HK_X}, F_{HK_Y}, F_{HK_Z}$ – силы трения в системе «рабочий орган-комков почвы», Н;

N_X, N_Y – силы нормальной реакции комка почвы, Н.

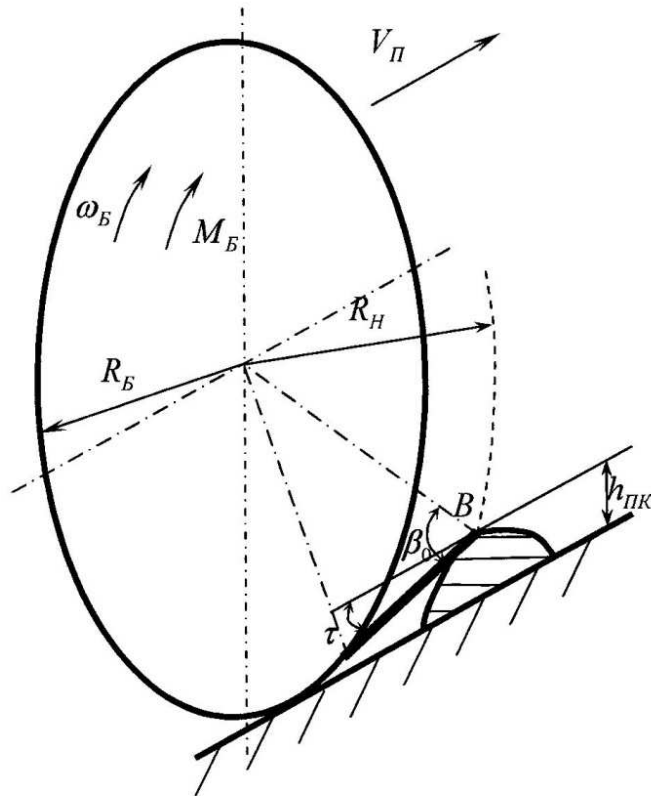


Рисунок 2 – Схема к установлению угла τ

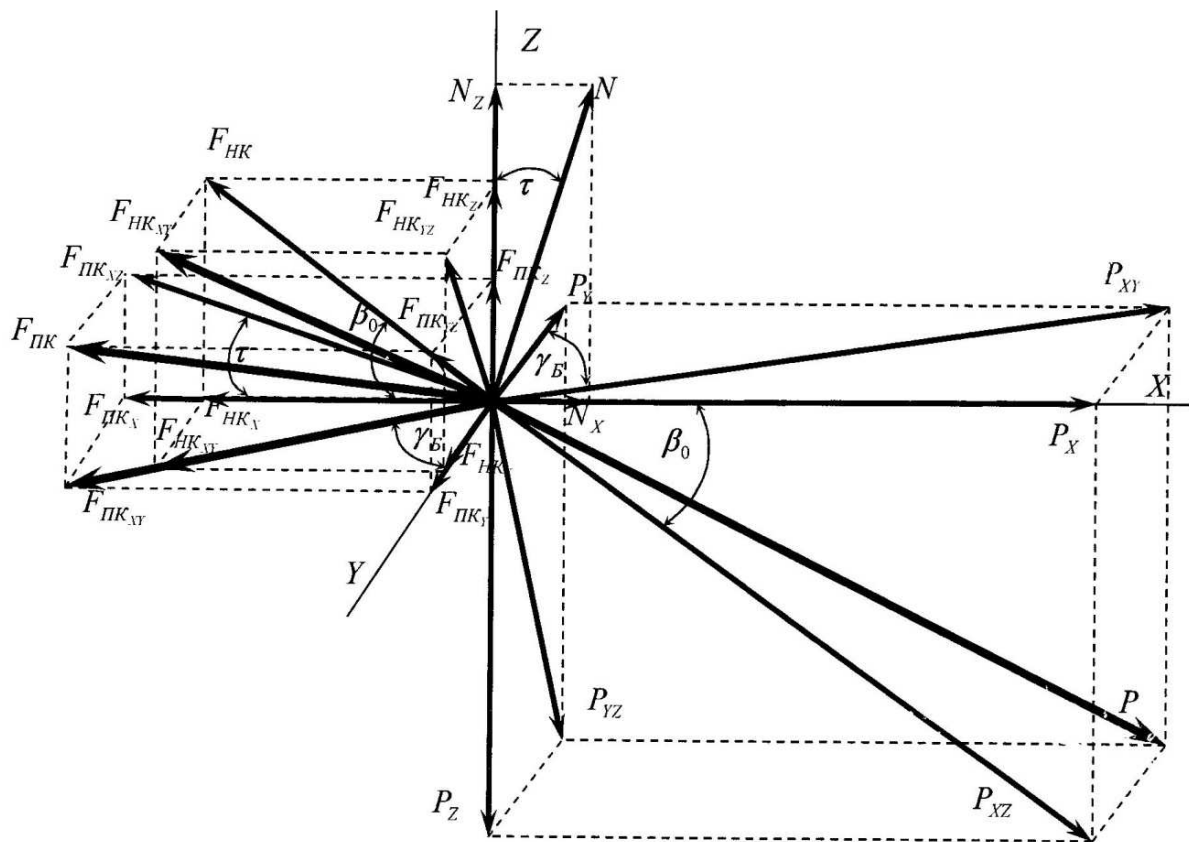


Рисунок 3 – Схема действующих сил

Составляющие сил резания таковы:

$$P_x = P_{xz} \cos \beta_0 = P \cos \beta_0 \cos \gamma_B, \quad (4)$$

$$P_y = P_{xy} \sin \gamma_B = P \cos \beta_0 \sin \gamma_B, \quad (5)$$

$$P_z = P_{xz} \sin \beta_0 = P \sin \beta_0 \cos \gamma_B, \quad (6)$$

где γ_B – угол атаки, град.

Величины сил трения между комком и поверхностью почвы равны:

$$F_{ПК_x} = F_{ПК_{xz}} \cos \tau = F_{ПК} \cos \tau \cos \gamma_B = N \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \tau \cos \gamma_B, \quad (7)$$

$$F_{ПК_y} = F_{ПК_{xy}} \sin \gamma_B = F_{ПК} \cos \tau \sin \gamma_B = N \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \tau \sin \gamma_B, \quad (8)$$

$$F_{ПК_z} = F_{ПК_{xz}} \sin \tau = F_{ПК} \sin \tau \cos \gamma_B = N \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \sin \tau \cos \gamma_B, \quad (9)$$

где $\varphi_{ПК}$ – угол трения между комком и поверхностью почвы, град.

Проекции сил трения между материалом рабочего органа и комком почвы равны:

$$F_{HK_x} = F_{HK_{xy}} \cos \beta_0 = F_{HK} \cos \beta_0 \cos \gamma_B = P \operatorname{tg} \varphi_{HK} \cos \beta_0 \cos \gamma_B, \quad (10)$$

$$F_{HK_y} = F_{HK_{xy}} \sin \gamma_B = F_{HK} \cos \beta_0 \sin \gamma_B = P \operatorname{tg} \varphi_{HK} \cos \beta_0 \sin \gamma_B, \quad (11)$$

$$F_{HK_z} = F_{HK_{xz}} \sin \beta_0 = P \operatorname{tg} \varphi_{HK} \sin \beta_0 \cos \gamma_B, \quad (12)$$

где φ_{HK} – угол трения между материалом рабочего органа и комком почвы, град.

Из выражения (1) определим силу нормальной реакции почвенного комка:

$$N_x = \frac{P \cos \beta_0 \cos \gamma_B (1 - \operatorname{tg} \varphi_{HK})}{\operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \tau \cos \gamma_B - \sin \tau}. \quad (13)$$

С учетом изложенного, получим:

$$k_1 \sin \tau + k_2 \cos \tau = 0, \tag{14}$$

где

$$k_1 = \cos \beta_0 \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \gamma_B + \sin \beta_0, \tag{15}$$

$$k_2 = \cos \beta_0 - \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \gamma_B \sin \beta_0. \tag{16}$$

После некоторых преобразований зависимости (14) получим:

$$k_2 \operatorname{tg}^2 \frac{\tau}{2} - 2k_1 \operatorname{tg} \frac{\tau}{2} - k_2 = 0, \tag{17}$$

В результате решения уравнения (17) получено выражение для расчета угла установки ножа (рис. 4):

$$\tau = 2 \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin \beta_0 + \cos \beta_0 \cos \gamma_B \operatorname{tg} \varphi_{ПК} + \sqrt{1 + \cos^2 \gamma_B \operatorname{tg}^2 \varphi_{ПК}}}{\cos \beta_0 - \sin \beta_0 \cos \gamma_B \operatorname{tg} \varphi_{ПК}} \right]. \tag{18}$$

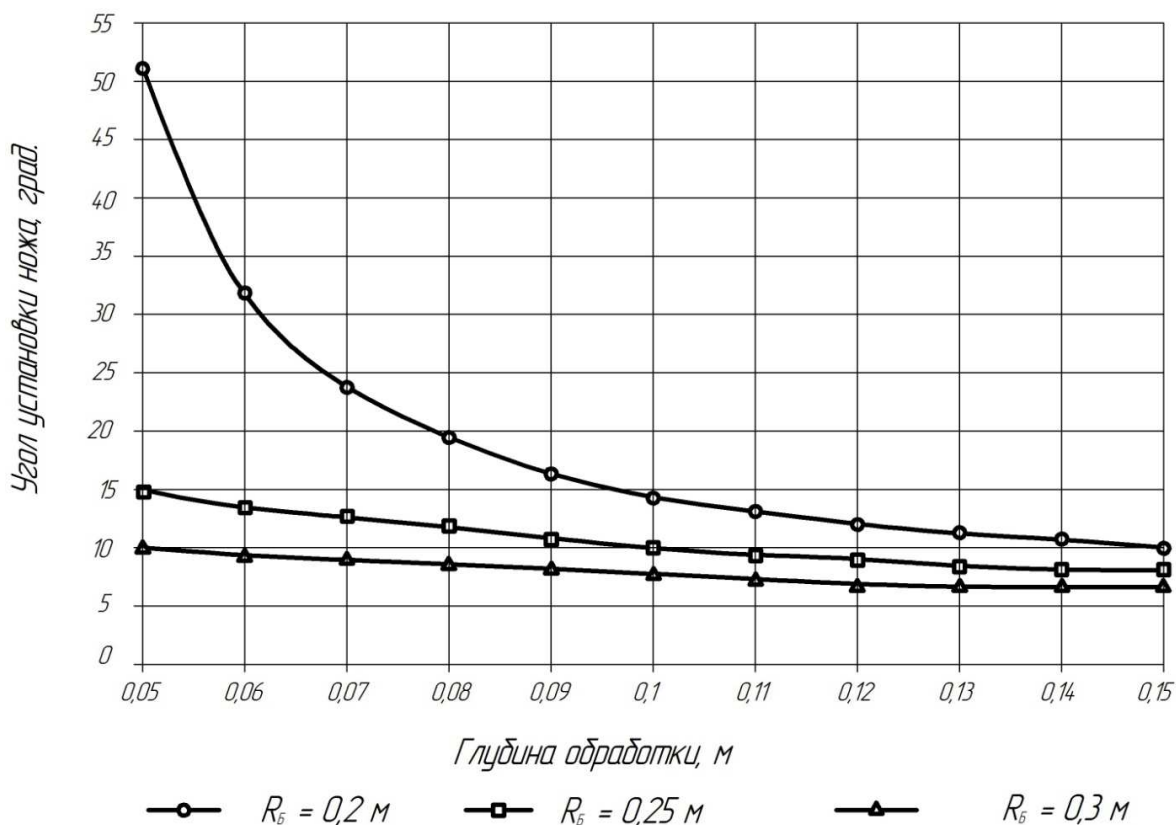


Рисунок 4 – Зависимость глубины обработки почвы от угла установки ножа ($\gamma_B = 25^0$)

В случае $tg\varphi_{ПК} = 0,7$, $R_B = 0,2$ м, $\gamma_B = 25^0$ и $h = 0,1$ м получим, что $\tau = 15^0$.

Высоту расположения барабана рабочего органа относительно обрабатываемой поверхности определяет угол τ (рис. 5 и 6):

$$h_B = (R_B + h_{OB}) \sin(\beta_0 - \tau). \tag{21}$$

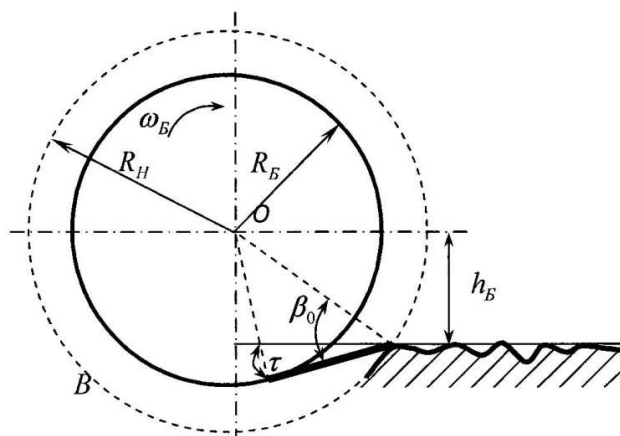


Рисунок 5 – Схема к установлению h_B

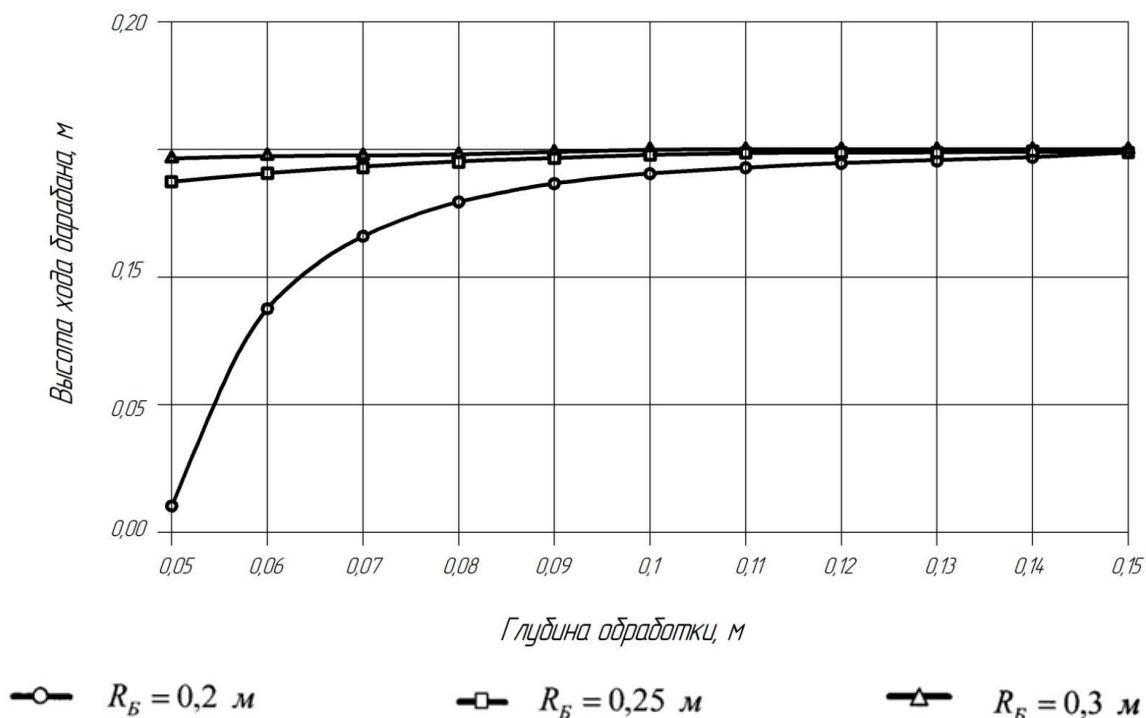


Рисунок 6 – Зависимость глубины обработки почвы от высоты расположения барабана над обрабатываемой поверхностью ($\gamma_B = 25^0$).

Проведенные теоретические исследования позволили установить рациональные значения основных параметров пахотно-фрезерного агрегата, которые оказывают наибольшее влияние на процесс его работы: скорость движения 1,5...2,0 м/с; угол атаки измельчителя 20...30°; угловая скорость вращения барабана 20...25 с⁻¹.

Список использованной литературы

1. Апажев, А.К. Инновационная технология и комбинированный пахотный агрегат для основной обработки почв / А.К. Апажев, С.А. Фоменко // Материалы V Межвузовской научно-практической конференции «Инновации в агропромышленном комплексе (22–23 апреля 2016 г., г. Нальчик).– Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2016. – С. 15–17.
2. Апажев, А.К. Комбинированные почвообрабатывающие агрегаты для основной и предпосевной подготовки почв / А.К. Апажев, М.Х. Аушев, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев. – Назрань: ООО «КЕП», 2014.– 68 с.
3. Апажев, А.К. Рациональные параметры и режимы работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов // Известия Горского государственного аграрного университета. – Владикавказ: Изд-во ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2016. – Т 53. – Ч. 2. – С. 138–143.
4. Апажев, А.К. Инновационные технологические и технические решения по повышению плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России: монография / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов и др. – Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2017.- 344 с.
5. Апажев, А.К. Научно-методические рекомендации по разработке мероприятий, обеспечивающих повышение плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России: рекомендации / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов и др. – Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2017.- 150 с.
6. Апажев, А.К. Результаты производственных испытаний комбинированного почвообрабатывающего агрегата / Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М. // Сельский механизатор. – 2016. – № 8. – С. 10-11.
7. Ашабоков, Х.Х. Комбинированные пахотные агрегаты и пути их совершенствования / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и инновационные технологии в отраслях АПК», посвященной 35-летию Кабардино-Балкарского ГАУ.- Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2016.- С. 21-25.
8. Ашабоков, Х.Х. Разработка агрегата для предпосевной подготовки почвы / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Современные научные исследования и разработки.- 2017.- № 4 (12).- С. 363-365.
9. Ашабоков, Х.Х. Обоснование конструктивно-технологической схемы комбинированного пахотного агрегата / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции «Последние тенденции в области науки и образования», 2017.- С. 35-40.
10. Пат. RU 168218 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 В 49/02 / Комбинированный почвообрабатывающий агрегат Апажев А.К., Хажметов Л.М., Шекихачев Ю.А., Ашабоков Х.М. и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО

Кабардино–Балкарский ГАУ.– №2016125675; заявл. 27.06.16; опубл. 24.01.2017, Бюл. №3. – 2 с. : ил.

11. Горшенин, В.И. К обоснованию траектории полёта частицы почвы при сходе с ножа ротационного щелевателя / В.И. Горшенин, А.В. Алёхин // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина.– 2009.– №1.– С. 44–46.

12. Несмиян, А.Ю. Машинно-технологическое обоснование процессов обработки почвы и посева пропашных культур в условиях дефицита влаги: дисс. ... доктора технических наук: 05.20.01 / Несмиян Андрей Юрьевич; [Место защиты: Дон. гос. аграр. ун-т]. - Зерноград, 2017. - 424 с.

References

1. Apazhev, A.K. Innovacionnaja tehnologija i kombinirovannyj pahotnyj agregat dlja osnovnoj obrabotki pochv / A.K. Apazhev, S.A. Fomenko // Materialy V Mezhvuzovskoj nauchno–prakticheskoj konferencii «Innovacii v agropromyshlennom komplekse (22–23 aprelja 2016 g., g. Nal'chik).– Nal'chik: Kabardino–Balkarskij GAU, 2016. – S. 15–17.

2. Apazhev, A.K. Kombinirovannye pochvoobrabatyvajushhie agregaty dlja osnovnoj i predposevnoj podgotovki pochv / A.K. Apazhev, M.H. Aushev, L.M. Hazhmetov, Ju.A. Shekihachev. – Nazran': ООО «КЕР», 2014.– 68 s.

3. Apazhev, A.K. Racional'nye parametry i rezhimy raboty kombinirovannogo pochvoobrabatyvajushhego agregata / A.K. Apazhev, Ju.A. Shekihachev, L.M. Hazhmetov // Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Vladikavkaz: Izd-vo FGBOU VO «Gorskij gosagrouniversitet», 2016. – Т 53. – Ch. 2. – S. 138–143.

4. Apazhev, A.K. Innovacionnye tehnologicheskie i tehnicheckie reshenija po povysheniju plodorodija pochv v uslovijah sklonovyh jerodirovannyh chernozemnyh pochv Juga Rossii: monografija / A.K. Apazhev, Ju.A. Shekihachev, L.M. Hazhmetov i dr. – Nal'chik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2017.- 344 s.

5. Apazhev, A.K. Nauchno-metodicheskie rekomendacii po razrabotke meroprijatij, obespechivajushhij povyshenie plodorodija pochv v uslovijah sklonovyh jerodirovannyh chernozemnyh pochv Juga Rossii: rekomendacii / A.K. Apazhev, Ju.A. Shekihachev, L.M. Hazhmetov i dr. – Nal'chik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2017.- 150 s.

6. Apazhev, A.K. Rezul'taty proizvodstvennyh ispytanij kombinirovannogo pochvoobrabatyvajushhego agregata / Apazhev A.K., Shekihachev Ju.A., Hazhmetov L.M. // Sel'skij mehanizator. – 2016. – № 8. – S. 10-11.

7. Ashabokov, H.H. Kombinirovannye pahotnye agregaty i puti ih sovershenstvovaniya / H.H. Ashabokov, L.M. Hazhmetov, Ju.A. Shekihachev // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy i innovacionnye tehnologii v otrasljah APK», posvjashhennoj 35-letiju Kabardino-Balkarskogo GAU.- Nal'chik: Kabardino-Balkarskij GAU, 2016.- S. 21-25.

8. Ashabokov, H.H. Razrabotka agregata dlja predposevnoj podgotovki pochvy / H.H. Ashabokov, L.M. Hazhmetov, Ju.A. Shekihachev // Sovremennye nauchnye issledovanija i razrabotki.- 2017.- № 4 (12).- S. 363-365.

9. Ashabokov, H.H. Obosnovanie konstruktivno-tehnologicheskoj shemy kombinirovannogo pahotnogo agregata / H.H. Ashabokov, L.M. Hazhmetov, Ju.A. Shekihachev // Materialy Mezhdunarodnoj (zaочноj) nauchno-prakticheskoj konferencii «Poslednie tendencii v oblasti nauki i obrazovanija», 2017.- S. 35-40.

10. Pat. RU 168218 Rossijskaja Federacija, MPK7 A 01 V 49/02 / Kombinirovannyj pochvoobrabatyvajushhij agregat Apazhev A.K., Hazhmetov L.M., Shekihachev Ju.A., Ashabokov H.M. i dr.; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Kabardino–Balkarskij GAU.– №2016125675; zajavl. 27.06.16; opubl. 24.01.2017, Bjul. №3. – 2 s. : il.

11. Gorshenin, V.I. K obosnovaniju traektorii poljota chasticy pochvy pri shode s nozha rotacionnogo shhelevatelja / V.I. Gorshenin, A.B. Aljohin // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta imeni V.P. Gorjachkina.– 2009.– №1.– S. 44–46.

12. Nesmijan, A.Ju. Mashinno-tehnologicheskoe obosnovanie processov obrabotki pochvy i poseva propashnyh kul'tur v uslovijah deficita vlagi: diss. ... doktora tehniceskikh nauk: 05.20.01 / Nesmijan Andrej Jur'evich; [Mesto zashhity: Don. gos. agrar. un-t]. - Zernograd, 2017. - 424 s.