

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УХОДА ЗА ПРОМЫШЛЕННЫМИ КЛЮКВЕННЫМИ ЧЕКАМИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ СРЕЗАНИЯ С ИЗМЕЛЬЧЕНИЕМ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Л.В. Мисун, докт. техн. наук, профессор, А.А. Бабак, студент (УО БГАТУ)

Аннотация

Усовершенствован рабочий орган косилки-измельчителя, используемой для уничтожения сорной растительности на промышленных клюквенных чеках. Определены факторы, влияющие на устойчивость выполнения технологической операции машинно-тракторным агрегатом (трактор+косилка), и сделан анализ ее эффективности.

Введение

Одним из важнейших условий механизированного производства крупноплодной клюквы является поддержание оптимальных условий ее культивирования, предусматривающих сбалансированное питание, а также операции ухода за плантациями, обеспечивающие нормальный рост и развитие растений. Так, огромное влияние на состояние клюквенных чеков оказывают сорняки, которые не только угнетают основную культуру, а, следовательно, и снижают устойчивость растений к биологическим и абиотическим факторам, но нередко и сами являются резерваторами инфекций различных видов.

Согласно механизированной технологии выращивания крупноплодной клюквы, обработанные раствором гербицида сорняки должны скашиваться с одновременным измельчением [1].

Основная часть

Для срезания с измельчением сорняков на промышленных клюквенных чеках могут использоваться различные рабочие органы (рис.1): с горизонтально установленными вращающимися ножами, когда внешняя часть их лезвий расположена под прямым углом к наклоненной массе растений, с попарно расположенными режущими ножами и ножами для измельчения массы, причем последние закреплены под определенным углом по отношению к центральной оси лезвий режущего элемента, в виде вращающегося цилиндра с продольными пазами для лезвий, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга и параллельных оси цилиндра, роторного типа с одно и двух уровневым расположением ножей [2-6] и др. Следует отметить, что именно роторный рабочий орган (рис.2) был использован в конструкции отечественной косилки-измельчителя сорной растительности для промышленных клюквенных чеков [7]. Однако

результаты эксплуатации косилки показали на необходимость повышения качества выполнения технологической операции измельчения сорняков, длина срезаемых остатков которых, согласно агротребованиям, не должна превышать 70 мм.

Для повышения качества выполнения косилкой-измельчителем технологической операции предлагается установить над верхними ножами режущие нити (рис.3). Следует отметить, что каждый нож косилки имеет режущую кромку 6 и отогнутое вверх крыло 7, высота h отгиба которого меньше, чем расстояние между соседними горизонтальными рядами ножей, установленными на одном валу. Расстояние A между осями соседних вертикальных валов 3 больше суммы радиусов вращения смежных ножей вертикальных валов (малого 4 и большего 5, диаметров d_1 и d_2 соответственно) и меньше большего из диаметров ножей:

$$d_2 > A > \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2}. \quad (1)$$

Длина режущих нитей 10, считая от осей валов, не превышает радиусов ближайших нижерасположенных ножей. Привод вертикальных валов 3 с жестко закрепленными на них ножами 4 и 5 осуществляется клиноремной передачей от вала отбора мощности энергосредства [8].

При поступательном движении машинно-тракторного агрегата (МТА) верхние части сорняков, защитным листом 8 и пологом 9, отклоняются вперед по ходу движения (рис.3) и поступают в зону резания горизонтальных рядов ножей косилки. Длинные верхние части растений защемляются ранее отклоненными, но не скошенными стеблями и не опускаются на клюквенный покров. А короткие части сорняков подвергаются дальнейшему измельчению: срезаются нижележащими ножами, крыльями ножей подбрасываются в зону резания вышележащих ножей для повторного измельчения, которые, в свою очередь,

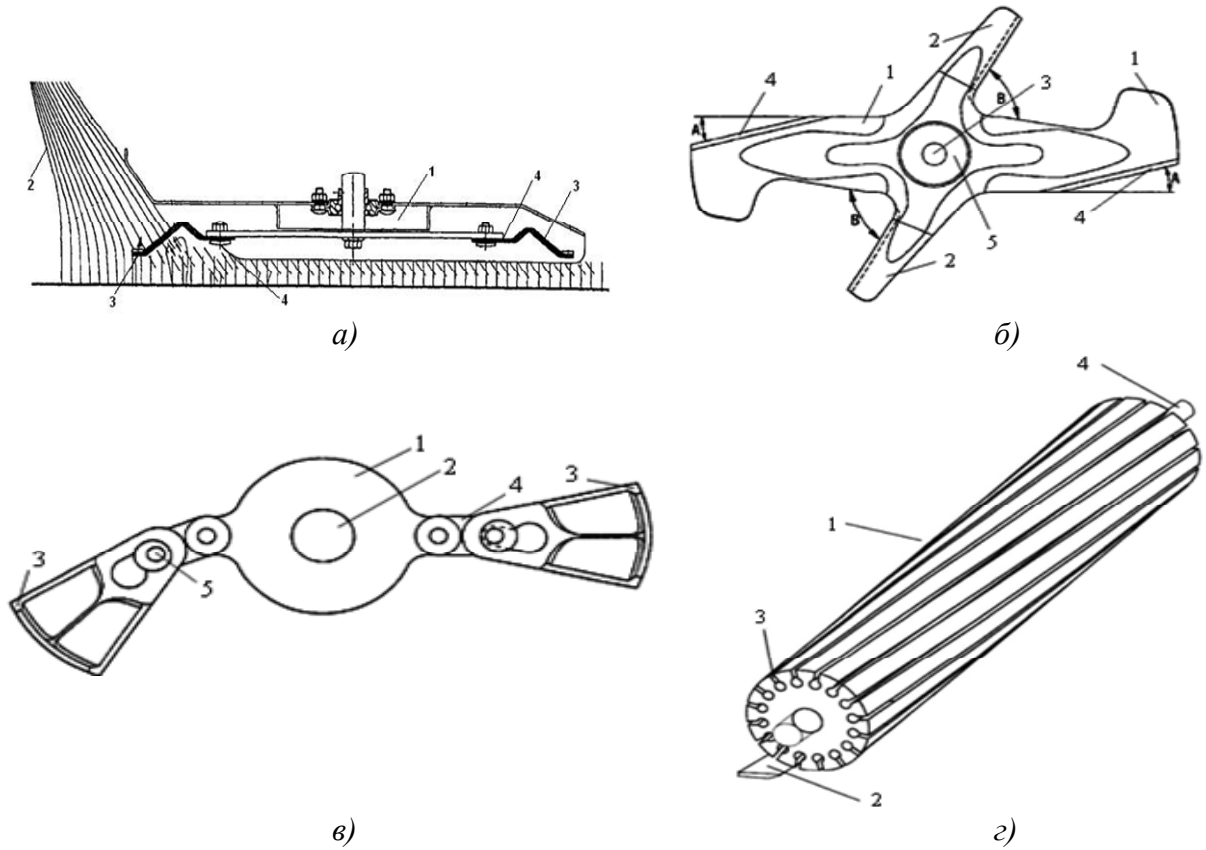


Рисунок 1. Рабочие органы для срезания сорной растительности:

а – горизонтально установленные вращающиеся ножи:

1 – техническое средство; 2 – сорная растительность; 3 – нож; 4 – устройство для крепления ножей; 5 – втулка;

б – комбинированный режущий элемент:

1 – нож режущий; 2 – нож мульчирования; 3 – вал; 4 – режущая кромка ножа; 5 – втулка;

в – с возможностью изменения длины режущей кромки ножа:

1 – втулка; 2 – вал; 3 – лезвие; 4 – поворотный механизм; 5 – заклёпка с эксцентриковой головкой;

г – вращающийся цилиндр с параллельно установленными к оси цилиндра ножами:

1 – цилиндр вращающийся; 2 – балка поперечная; 3 – паз продольный; 4 – вал

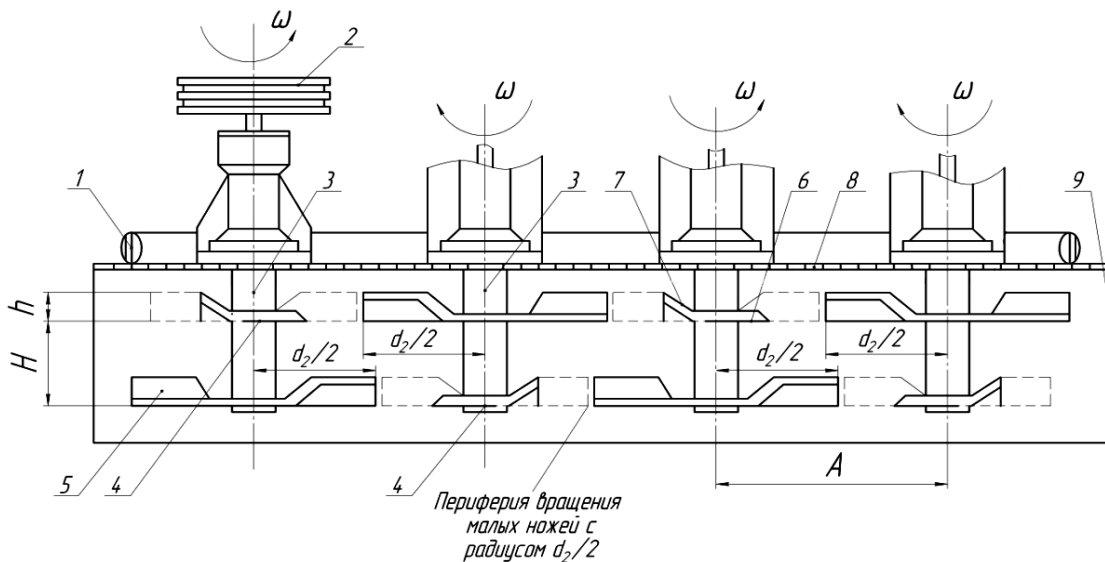


Рисунок 2. Роторный рабочий орган косилки-измельчителя сорной растительности: 1–рама; 2–привод; 3–вал; 4,5–ножи; 6,7–режущая кромка; 8–лист защитный; 9–полог

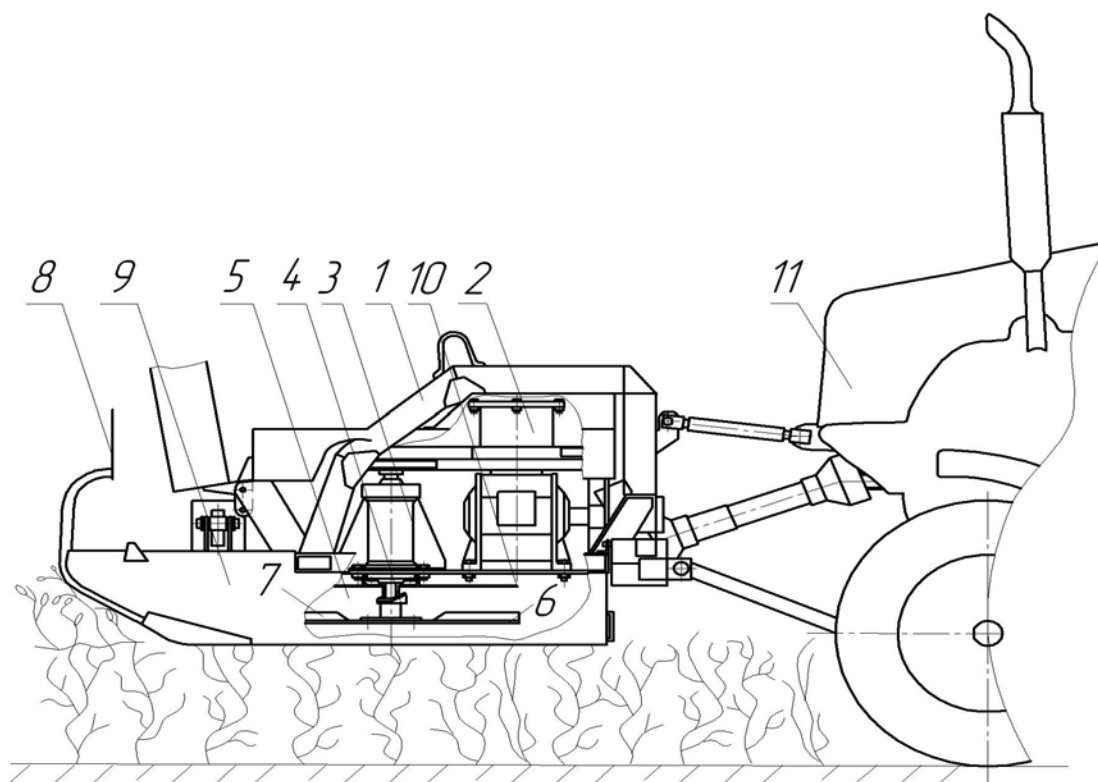


Рисунок 3. Косилка для срезания и измельчения сорной растительности на промышленных клюквенных чеках: 1 – рама; 2 – привод; 3 – вал; 4 – нож меньшего диаметра; 5 – нож большего диаметра; 6 – режущая кромка ножа; 7 – крыло ножа; 8 – лист защитный; 9 – полог; 10 – нить режущая; 11 – энергосредство

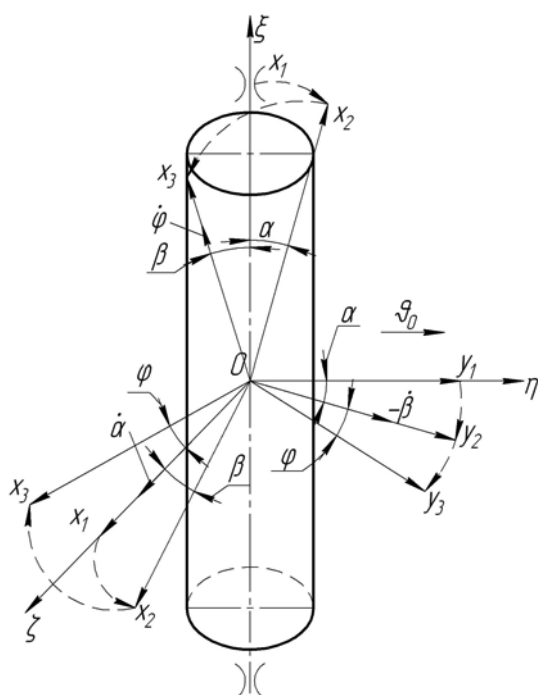


Рисунок 4. Положение оси ротора к плоскости поступательного движения МТА

направляют срезанные части сорняков в зону воздействия режущих нитей 10 для доизмельчения. Далее

мелкие частицы выносятся воздушным потоком за пределы МТА и просыпаются через клюквенный покров чека на почву (рис. 3) [7].

При этом не менее семидесяти процентов фракционного состава срезанной и измельченной массы сорняков должны составлять растения размером до 30 мм, остальные – не превышать 70 мм. Достигается выполнение этого условия использованием в конструкции рабочего органа косилки-измельчителя высокооборотистых роторов, на которых крепятся ножи. В то же время при прямолинейном и равномерном движении трактора с косилкой по клюквенному чеку, имеющему естественные неровности, наблюдаются продольные и поперечные колебания машинно-тракторного агрегата, которые при довольно больших оборотах ротора косилки (3000 об./мин) вызывают отклонение оси его вращения в пространстве, и приводят к появлению гироскопического эффекта. Наличие такого "эффекта" может отрицательно сказаться на качественных показателях работы и эксплуатационной надежности косилки, что обуславливает необходимость более подробного рассмотрения этого вопроса.

Так, в рассматриваемой конструкции косилки-измельчителя (рис. 3) роторы с ножами установлены таким образом, что их ось собственного вращения занимает нормальное положение к плоскости поступательного движения МТА. В этом случае координатные оси ξ , η , ζ и x_1 , y_1 , α для наблюдения левой системы координат направлены, как показано на рис. 4.

В рассматриваемом варианте угол Резаля α [9] представляет собой угол наклона агрегата в продольной плоскости; угол β – угол наклона агрегата в поперечном направлении и угол φ – угол собственного вращения ротора около оси x .

Для решения поставленной задачи в данном случае используется метод Лагранжа, т.е. дифференциальные уравнения Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i, \quad (2)$$

где T – кинетическая энергия системы;
 q_i – обобщённые координаты;
 Q_i – проекции обобщённых сил.

Принимаем, что в качестве подвижных осей координат взяты оси, связанные с ротором, являющиеся главными осями инерции ротора и своим началом имеющие центр инерции последнего. Выражение для определения кинетической энергии в этом случае имеет вид:

$$T = \frac{1}{2} (Ap^2 + Bq^2 + Cr^2), \quad (3)$$

где A, B, C – главные моменты инерции ротора;
 p, q, r – проекции угловых скоростей на подвижные оси x, y, z , связанные с ротором и являющиеся главными осями инерции ротора.

Учитывая, что в данном случае $A=B$, выражение для определения кинетической энергии (3) можно записать в следующем виде:

$$T = \frac{1}{2} [A(\dot{\alpha}^2 \cos^2 \beta + \dot{\beta}^2) + C(\dot{\varphi} + \dot{\alpha} \sin \beta)^2]. \quad (4)$$

Поскольку

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} = A_0 \dot{\alpha} + C \dot{\varphi} \sin \beta; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} = 0,$$

где $A_0 = A \cos^2 \beta + C \sin^2 \beta$, то дифференциальное уравнение Лагранжа по координате α имеет вид:

$$(A_0 \dot{\alpha}) + C \dot{\varphi} \sin \beta + C \dot{\varphi} \cos \beta \cdot \dot{\beta} = M_\alpha, \quad (5)$$

где M_α – момент, пара сил которого действует в продольной плоскости перемещения МТА.

Так как

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} = A \dot{\beta}, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} \right) = A \ddot{\beta},$$

$$\frac{\partial T}{\partial \beta} = -A \dot{\alpha}^2 \cos \beta \sin \beta + C(\dot{\varphi} + \dot{\alpha} \sin \beta) \cdot \dot{\alpha} \cos \beta,$$

то дифференциальное уравнение Лагранжа по координате β запишем:

$$A \ddot{\beta} + A \dot{\alpha}^2 \cos \beta \sin \beta - C(\dot{\varphi} + \dot{\alpha} \sin \beta) \cdot \dot{\alpha} \cos \beta = M_\beta, \quad (6)$$

где M_β – момент, пара сил которого действует в поперечной плоскости.

Если угол $\alpha=0$, то выражение (5) принимает вид:

$$A \ddot{\beta} - C \dot{\varphi} \cos \beta = M_\beta. \quad (7)$$

Учитывая, что

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = C(\dot{\varphi} + \dot{\alpha} \sin \beta),$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \cong C \ddot{\varphi},$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0,$$

то дифференциальное уравнение Лагранжа по координате φ имеет вид:

$$C \ddot{\varphi} = M_\varphi, \quad (8)$$

где M_φ – полярный момент.

Если угловые скорости $\dot{\beta} = \beta_0, \dot{\alpha} = \omega$, где β_0, ω – постоянные, то из уравнений (4) и (7) получим

$$M_\alpha = 0,$$

$$M_\beta = C \omega_1 \omega \cos \beta, \quad (9)$$

где $\omega = \dot{\varphi}$, то есть в этом случае к оси ротора приложен только один гироскопический момент, действующий в поперечной плоскости перемещения МТА. Причем, если угол $\beta=0$, то есть машинно-тракторный агрегат не имеет наклона в поперечном направлении, то этот момент равен

$$M_\beta = -C \omega_1 \omega. \quad (10)$$

Для того чтобы уравновесить этот момент со стороны опор, должна возникнуть пара сил (рис. 5), момент которой равен моменту (выражение 10), но обратно направлен:

$$M'_\beta = -C \omega_1 \omega. \quad (11)$$

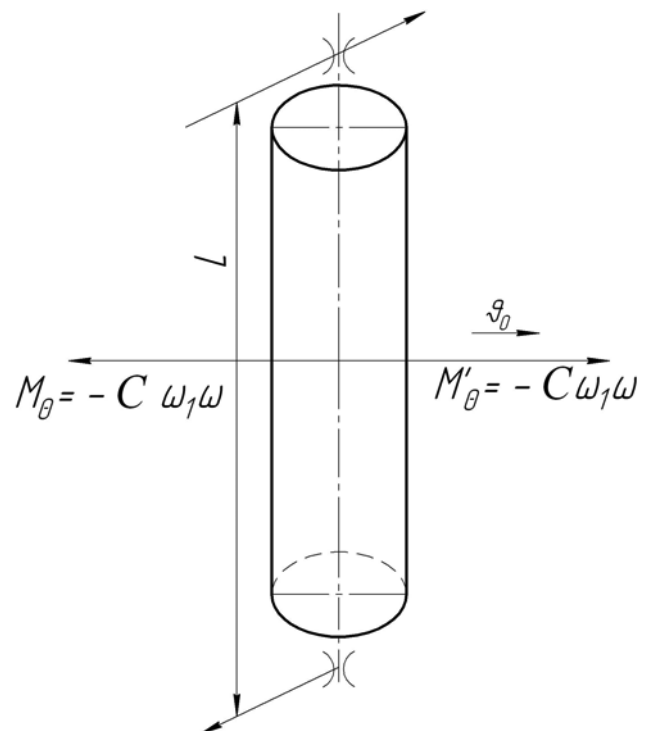


Рисунок 5. Расчётная схема для определения реакций на опорах

Реакции P на опорах при этом равны

$$P = \frac{M'_\beta}{L} = \frac{C \omega_1 \omega}{L}, \quad (12)$$

где L – длина вала ротора.

Представляет также интерес проведение сравнительной оценки технологической операции срезания и измельчения сорной растительности, с точки зрения ее ресурсоэнергоэкономичности.

В качестве критериев энергетической эффективности выполнения операции использовали коэффициент энергозатрат $K_э$ и уровень интенсификации $I_э$:

$$K_э = \mathcal{E}_н / \mathcal{E}_б; \quad (13)$$

$$I_э = (1 - K_э) \cdot 100\%, \quad (14)$$

где $\mathcal{E}_н$ и $\mathcal{E}_б$ – полная энергоемкость операции срезания с измельчением сорной растительности соответственно предлагаемого и базового вариантов.

Для решения поставленной задачи необходимо определить энергозатраты, овеществленные в топливе, энергоемкость сравниваемых средств механизации и затраты живого труда.

Прямые затраты топлива $Z_э$ определяли по формуле:

$$Z_э = H_э, \quad (15)$$

где $H_э$ – фактический расход (или норма) энергоносителя на единицу объема работы, кг/га.

Тогда

$$Z_{э.б.} = 13,7 \text{ кг/га}; \quad Z_{э.н.} = 8,6 \text{ кг/га}.$$

Затраты металла:

$$Z_{э.б.} = \frac{1}{W} \sum_i M_i \frac{a_i + R_i}{10 \cdot T_{н.и}}, \quad (16)$$

где W – производительность агрегата, га/ч, (табл.1);

M_i – масса i -й машины, входящей в агрегат, кг;

a_i и R_i – годовые нормативные отчисления соответственно на реновацию и ремонт, %;

$T_{н.и}$ – годовая (сезонная) нормативная загрузка i -й машины, ч (табл. 1).

Таблица 1.
Данные для сравнительной энергооценки операции срезания и измельчения сорной растительности

Показатели	Ед. изм.	Срезание и измельчение сорной растительности	
		базовый вариант [10]	новый вариант
1. Урожайность	т/га	10	10
2. Состав агрегата		«Богтрак» (США)+ косилка роторная (США)	МТЗ-320 + косилка роторная (РБ)
3. Производительность	га/ч	0,35	0,51
4. Расход топлива	кг/га	13,7	8,6
5. Масса: трактора косилки	кг	700 200	1100 250
6. Годовая загрузка: трактора косилки	ч	1000 300	1000 300

$$Z_{м.б.} = \frac{700 \cdot (10,0 + 14,9)}{100 \cdot 0,35 \cdot 1000} + \frac{200 \cdot (16,6 + 10,0)}{100 \cdot 0,35 \cdot 300} = 1,01 (\text{кг/га}),$$

$$Z_{м.н.} = \frac{1100 \cdot (10,0 + 14,9)}{100 \cdot 0,51 \cdot 1000} + \frac{250 \cdot (16,6 + 10,0)}{100 \cdot 0,51 \cdot 300} = 0,97 (\text{кг/га}),$$

Затраты живого труда ($Z_{ж}$):

$$Z_{ж} = \frac{N_t}{W}, \quad (17)$$

где N_t – число работников, занятых на t -й технологической операции, чел. (табл.1)

$$Z_{ж.б.} = 2,86 \text{ (чел.ч/га)};$$

$$Z_{ж.н.} = 1,96 \text{ (чел.ч/га)}.$$

Прямые удельные затраты энергии ($\mathcal{E}_{пр}$):

$$\mathcal{E}_{пр} = H_э \cdot e_k, \quad (18)$$

где e_k – энергосодержание k -го энергоносителя, МДж/кг [11]:

$$\mathcal{E}_{пр.б.} = 13,7 \cdot 43,9 = 601,4 \text{ (МДж/га)};$$

$$\mathcal{E}_{пр.н.} = 8,6 \cdot 42,7 = 367,2 \text{ (МДж/га)}.$$

Затраты энергии, овеществленные в топливе, определяли по формуле:

$$\mathcal{E}_{о.э.} = H_э \cdot \alpha_k, \quad (19)$$

где α_k – энергетический эквивалент k -го энергоносителя, учитывающий расход энергии на его добычу, производство и транспортировку, МДж/кг [11].

$$\mathcal{E}_{о.э.б.} = 13,7 \cdot 10,5 = 144 \text{ (МДж/га)};$$

$$\mathcal{E}_{о.э.н.} = 8,6 \cdot 10,0 = 86 \text{ (МДж/га)}.$$

Энергоемкость средств механизации находили по выражению:

$$Z_m = \frac{1}{W} \sum_i M_i \cdot \alpha_i \frac{a_i + R_i}{10^2 \cdot T_{н.и}}, \quad (20)$$

где α_i – энергетический эквивалент i -й машины, МДж/кг [11].

$$Z_{м.б.} = \frac{700 \cdot 120 \cdot (10,0 + 14,9)}{100 \cdot 0,35 \cdot 1000} + \frac{200 \cdot 104 \cdot (16,6 + 10,0)}{100 \cdot 0,35 \cdot 300} = 112,5 \text{ (МДж/кг)}$$

$$Z_{м.н.} = \frac{1100 \cdot 120 \cdot (10,0 + 14,9)}{100 \cdot 0,51 \cdot 1000} + \frac{250 \cdot 104 \cdot (16,6 + 10,0)}{100 \cdot 0,51 \cdot 300} = 109,6 \text{ (МДж/кг)}$$

Полная энергоемкость процесса \mathcal{E} :

$$\mathcal{E}_б = \mathcal{E}_{пр} + \mathcal{E}_{о.э.} + \mathcal{E}_м; \quad (21)$$

$$\mathcal{E}_б = 601,4 + 144,0 + 112,5 = 871,1 \text{ (МДж/га)};$$

$$\mathcal{E}_н = 367,2 + 86,0 + 109,6 = 562,8 \text{ (МДж/га)}.$$

Энергоемкость затрат живого труда:

$$\mathcal{E}_{ж} = \frac{N_t}{W} \cdot \alpha_t, \quad (22)$$

где α_t – энергетический эквивалент живого труда, МДж/чел.ч [11].

$$\mathcal{E}_{ж.б.} = \frac{1 \cdot 1,26}{0,35} = 3,6 \text{ (МДж/га)};$$

$$\mathcal{E}_{ж.н.} = \frac{1 \cdot 1,26}{0,51} = 2,5 \text{ (МДж/га)}.$$

Полная энергоемкость продукции для базового варианта на 55% выше (табл.2), чем для сравниваемого (871,1 МДж/т против 562,8).

Таблица 2.
Результаты расчета энергоемкости и эффективности сравниваемых вариантов выполнения технологической операции срезания и измельчения сорной растительности

Затраты	Срезание и измельчение сорной растительности			
	По вариантам, МДж/га		Коэффициент энергозатрат	Уровень интенсификации, %
	базовый вариант	новый вариант		
1. Прямые энергозатраты	614,6	367,2	0,60	40
2. Энергозатраты, овеществленные в топливе	147,0	86,0	0,58	42
3. Энергозатраты средств механизации	112,5	109,6	0,97	3
4. Полная энергоемкость	871,1	562,8	0,64	36
5. Энергоемкость прямых затрат труда	3,6	2,5	0,69	31

Выводы

Усовершенствована технология срезания с измельчением сорной растительности, растущей выше клекувненного покрова на промышленных чеках. Путем сопоставления значений полной энергоемкости предлагаемого и базового вариантов рассматриваемой технологической операции определены частные коэффициенты энергозатрат, овеществленные в топливе и средствах механизации, а также энергоемкость прямых затрат труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции / Е.А. Сидорович [и др.]. – Минск: Белорус. науч.-исслед. ин-т науч.-технич. информации и технико-эконом. исслед., 1992. – 120с.

2. Способ и устройство для срезания и разрезания высокорослого растительного материала: пат. 10039834 А1 (Германия) / (ESM Ennepetaler) Rehberg. – Оpubл. 7.03.2002.

3. Режущий элемент для срезания и измельчения растительности : пат. 1285565 (Германия) / SABO-Maschinenfabrik. – Оpubл. 20.08.2001.

4. Устройство для срезания растительности: пат. 6357215 (США) / Peter Thorne. – Оpubл. 23.12.98.

5. Вращающийся цилиндр со сменными режущими элементами: пат. 2409142 (Великобритания) / Leslie Mervyn Smith. – Оpubл. 20.12.2003.

6. Машина для скашивания и измельчения растительности: пат. 2051557 Российской Федерации, МКИ 6 А 01 D 34/63 /В.П. Мармалюков, Л.В. Мисун, М.И. Астахов, А.А. Шупилов, А.П. Пасеко, Б.Л. Лавор; заявитель Центр. науч.-исслед. ин-т механизации и электриф. с.-х. – №5007933; заявл. 11.11.1991; опубл. 10.01.1996.

7. Мисун, Л.В. Технологические процессы и средства механизации промышленного выращивания брусничных культур: монография / Л.В. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2008. – 204с.

8. Машина для скашивания и измельчения растительности: пат. 5101 Респ. Беларусь, МПК (2006) А 01D 34/63 /Л.В. Мисун, В.А. Агейчик, А.А. Бабак; заявитель Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – № и 20080610; заявл. 29.07.2008; опубл. 28.02.2009 // Афіц. бюл. / Нац. цэнтр інтэл. уласн. – 2009. – №1. – С. 142.

9. Василенко, М.П. Введение в земледельческую механику / П.М. Василенко. – Киев: Сільгоспосвіта, 1996. – 252с.

10. Мисун, Л.В. Научные и технологические основы производства крупноплодной клюквы / Л.В. Мисун. – Минск: "Хата", 1995. – 135с.

11. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М.М. Севернев. – Минск : Ураджай, 1994. – 221 с.

Установка для очистки и обеззараживания воздуха БСУ-900



Установка предназначена для очистки воздуха от газовых примесей органического и неорганического происхождения в помещениях предприятий АПК, медицинских, общественных и других помещениях, в которых необходимо обеспечивать требования СНИП (аммиак, сероводород, углекислый газ и др.). Фильтр производит непрерывную очистку и обеззараживание помещений в присутствии обслуживающего персонала со степенью очистки по уровню общей загрязненности до 60%, по индексу Колли до 70%, по вирусам до 80%, позволяет экономить до 50% энергии на отопление помещений. Наиболее эффективен при использовании в помещениях для содержания молодняка птицы, свиней и крупного рогатого скота.

Производительность составляет 900 м³/ч.

Автор: Николаенков А.И, доктор сельскохозяйственных наук, доцент