

Н. Н. Быков¹, Г. И. Кошля¹, Э. В. Дыба²

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: 27genko@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: dibua-18@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДИ ПОЛЯ, КОНТАКТИРУЮЩЕЙ С ДВИЖИТЕЛЯМИ МТА ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ ИЗ ТРАВ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы определения общего пути машин при уборке трав и площади уплотнения поля в зависимости от кинематических параметров машин и размеров рабочих участков.

Ключевые слова: трактор, почва, технология, свойства, показатели, поле, движитель, воздействие, кинематические параметры, площадь следов, размеры участка.

N. N. Bykov¹, G. I. Koshlya¹, E.V. Dyba²

¹UO "Belarusian State Agrarian Technical University"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: 27genko@mail.ru

²RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: dibua-18@mail.ru

DETERMINATION OF TOTAL FIELD AREA IN CONTACT WITH MTU PROPULSORS DURING GRASS FODDER PROCUREMENT

Abstract. The article considers the issues of determining the general path of the machines when harvesting herbs and the area of field compaction depending on the kinematic parameters of the machines and the size of the working areas.

Keywords: tractor, soil, technology, properties, indices, field, propulsor, impact, kinematic parameters, area of traces, site dimensions.

Введение

Площадь поля, подвергающаяся воздействию ходовых систем, и кратность их наложения при заготовке кормов в значительной мере влияют на потери урожайности. Вопросы воздействия движителей МТА на многолетние травы изучены недостаточно. Большинство исследований проводились по изучению воздействия движителей отдельных машин, участвующих в технологическом процессе, на урожайность культур и физико-механические характеристики почвы. Чтобы правильно оценить воздействие ходовых аппаратов на многолетние травы с их специфическими особенностями, необходимо изучить изменение плотности и урожайности при различной кратности воздействия.

Основная часть

Процесс заготовки различных видов кормов из многолетних трав включает несколько операций (кошение, ворошение, сгребание в валок, подбор с измельчением и т. д.), выполняемых без разрыва во времени или с небольшим разрывом (несколько часов), возможно синхронное движе-

ние агрегатов (например, транспортных). Причем для всех операций характерно движение агрегатов в одном направлении, что способствует наложению следов, а это, в свою очередь, усиливает отрицательное воздействие на почву и урожайность. Главным при заготовке кормов является сокращение общего пути машин при выполнении каждой операции и уменьшение площади поверхности поля, подвергающейся воздействию движителей.

Основными способами движения, применяемыми при выполнении операций возделывания кормов из многолетних трав, являются: челночный, круговой, всвал, вразвал, с расширением прокосов, перекрытием, комбинированный. Основными способами поворотов являются: беспетлевой дугообразный, беспетлевой с прямолинейным участком, петлевой грушевидный. Целесообразность применения способа движения и вида поворота в нашем случае определяется минимальной площадью и кратностью наложения следов МТА в технологических операциях.

При уборке заданного участка площадь поля, подвергающаяся воздействию ходовой системы машин, определяется из выражения [1, 2]:

$$F_{сл} = b_{сл} (S_p + S_X), \quad (1)$$

где $b_{сл}$ – суммарная ширина следов ходового аппарата, м; S_p, S_X – путь, проходимый машиной соответственно на рабочем и холостом ходах, м.

Для челночного способа движения путь, проходимый машиной на рабочем ходу, равен:

$$S_p = \frac{c \cdot L}{b_M}, \quad (2)$$

где c, L – соответственно ширина и длина участка, м; b_M – ширина захвата машины, м.

Путь на холостом ходу:

$$S_X = \left(\frac{c}{b_M} + 2m \right) \cdot (6R + 2e), \quad (3)$$

где m – число проходов машины вдоль ширины участка при обкосах участка, шт.; R, e – соответственно радиус поворота и длина выезда машины, м.

Суммарный путь машины на участке [1, 2]:

$$S = \frac{c \cdot L}{b_M} + \left(\frac{c}{b_M} + 2m \right) \cdot (6R + 2e). \quad (4)$$

При постоянном значении площади участка путь на рабочем ходу не зависит от выбора направления движения, является величиной постоянной. На значение холостого пути оказывает влияние соотношение сторон. Если обозначить отношение ширины участка к его длине через μ , то общий путь запишется в виде:

$$S = \frac{\mu \cdot L^2}{b_M} + \left(\frac{\mu \cdot L}{b_M} + 2m \right) (6R + 2e). \quad (5)$$

Анализ и расчеты формулы (5) показывают, что с увеличением μ число поворотов и длина пути увеличиваются. Наименьшая длина пути будет при:

$$\mu \leq \frac{b_M}{L} \text{ и } m = 0. \quad (6)$$

Более интенсивно холостой путь увеличивается при $\mu > 1$. Для уменьшения холостого пути направление движения следует выбирать вдоль большей стороны загона. Это оправдано еще и тем, что при этом увеличивается коэффициент использования времени и производительность машины. Наибольшее влияние на общее значение пути и площадь следа оказывает ширина захвата машины,

с увеличением которой путь и уплотненная площадь уменьшаются. С учетом выражений (1) и (5) площадь следов машины на участке выразится зависимостью [1, 2]:

$$F_{сл} = b_{сл} \left(\frac{\mu \cdot L^2}{b_M} + \left(\frac{\mu \cdot L}{b_M} + 2m \right) \right) \cdot (6R + 2e). \quad (7)$$

Используя данные технической характеристики машины и кинематические характеристики участка, по выражению (7) можно определить площадь, подвергающуюся воздействию ходовой системы машины.

При способе движения «вразвал» поле или участок разбивают на загоны, которые затем убирают, двигаясь против или по часовой стрелке в зависимости от конструкций машин и их технологического взаимодействия. Часть загона шириной $C' = 2R$ убирается с петлевыми поворотами, а оставшаяся площадь шириной $C'' = C - 2R - C$ – беспетлевыми поворотами. Поворотные полосы убирают перед уборкой основного загона. Поле разбивают на загоны оптимальной ширины. При оптимизации параметров загонов s и μ необходимо учитывать вероятность дополнительного прохода для уборки необранной полосы, образующейся вследствие неточности вождения машины. Общая длина следа запишется в виде:

$$S_{общ} = A \left(\frac{2\ell + C + 2(R + 2e)}{2b_M} + \frac{1}{C} \cdot \frac{8R^2}{b_M} \right), \quad (8)$$

где A – общая ширина поля, м.

Площадь, подвергающаяся воздействию ходовой системы машин при уборке поля способом «вразвал», определяется по формуле:

$$F_{сл} = A \cdot b_{сл} \left(\frac{2\ell + C + 2(R + 2e)}{2b_M} + \frac{8R^2}{Cb_M} \right). \quad (9)$$

Используя данные технических характеристик машин и кинематические характеристики участка, по формулам (7) и (9) можно определить площадь поля, подвергающуюся воздействию ходовых систем машин для указанных способов движения.

При способе движения «всвал» поле или участок разбивают на загоны, которые затем убирают, двигаясь против или по часовой стрелке в зависимости от конструкций машин и их технологического взаимодействия. Общая длина следа запишется в виде:

$$S_{общ} = A \left(\frac{2\ell + C + 2(R + 2e)}{2b_M} + \frac{1}{C} \cdot \frac{8R^2}{b_M} \right), \quad (10)$$

и с дополнительным проходом:

$$S_{общ} = A \left(\frac{2\ell + C + 2(R + 2e)}{2b_M} + \frac{1}{C} \cdot \frac{8R^2}{b_M} + e \right). \quad (11)$$

Продифференцировав уравнения (9) и (11) по C и решив полученные выражения, получим оптимальные значения ширины загона. Для первого случая

$$\frac{dS_{общ}}{dC} = \frac{1}{2b_M} - \frac{1}{C^2} \cdot \frac{8R}{b_M}. \quad (12)$$

$$C_{ОПТ} = 4R, \text{ при } R = b_M \rightarrow C_{ОПТ} = 4b_M.$$

Для второго случая

$$\frac{dS_{общ}}{dc} = \frac{1}{2b_M} - \frac{1}{c^2} \cdot \left(\frac{8R}{b_M} + e \right), \quad (13)$$

$$C_{ОПТ} = \sqrt{2(b_M \cdot \ell + R^2)}.$$

Площадь, подвергаяющаяся воздействию ходовой системы машин при уборке поля способом «вразвал», определяется по следующим формулам:

$$F_{СЛ} = A \cdot b_{СЛ} \left(\frac{2\ell + C + 2(R + 2e)}{2b_M} + \frac{8R^2}{Cb_M} \right), \quad (14)$$

или

$$F_{СЛ} = A \cdot b_{СЛ} \left(\frac{2\ell + C + 2(R + 2e)}{2b_M} + \frac{8R^2 + b_M \cdot C \cdot \ell}{Cb_M} \right). \quad (15)$$

При заданной площади участка его длина и ширина взаимообусловлены. Поэтому при анализе более правильным будет говорить об оптимальном соотношении этих величин. Выразив b и C через μ , получим выражения:

$$\mu_{ОПТ} = \frac{4R}{\ell}, \quad (16)$$

и

$$\mu_{ОПТ} = \sqrt{\frac{2(b_M \cdot \ell + 8R^2)}{\ell}}. \quad (17)$$

Для беспетлевых способов движения $C_{ОПТ}$ и $\mu_{ОПТ}$ рассчитываем по приведенным формулам, получаются меньше их минимальных значений, обусловленных требованием беспетлевого поворота. Исходя из этого требования:

$$C_{\min} > 2R. \quad (18)$$

При круговом способе движение происходит от периферии к центру по свертывающейся спирали с правым или левым поворотами. В связи с тем, что машина входит в поворот с переменным радиусом, по углам загона остаются неубранные площади, которые располагаются по биссектрисе прямого угла от периферии к центру. Чтобы растения не сминались колесами машин при последующих проходах, необходимы угловые прокосы шириной $2b_M$. На въезде и выезде выполняют повороты длиной $6R$. В конце уборки загона на ширине $2R - b_M$ производятся петлевые повороты количеством $n = \frac{2R}{b_M} - 1$. Исходя из изложенного, холостой путь машины будет равен:

$$\ell_X = 2,8C + (6R + 2e) \left(\frac{2R}{b_M} - 1 \right) + 18R. \quad (19)$$

При известных значениях R и b_M будет зависеть от C , ℓ и их соотношения μ . Первый член уравнения связан с шириной загона следующей зависимостью:

$$\ell'_X = f\left(\frac{F}{C}\right) \text{ при } C > \ell (\mu > 1). \quad (20)$$

При $C = \ell$ ($\mu = 1$) ℓ'_X имеет наибольшее значение, которому соответствует и наибольшее значение общего пути машины на участке. Чтобы обеспечить меньший холостой путь при уборке

прямоугольного участка, угловые прокосы необходимо выполнять при меньших сторонах участка. Площадь следов при круговом движении определится из выражения:

$$F_{СЛ} = b_{СЛ} \left(\frac{\mu \ell^2}{b_M} + 2,8\mu\ell + (6R + 2e) \left(\frac{2R}{b_M} - 1 \right) + 18R \right). \quad (21)$$

Разбивка квадратного участка на прямоугольные загоны не уменьшает общей площади уплотнения и может применяться с целью сокращения холостых переездов транспортных средств. Для этой же цели при заготовке сенажа и силоса целесообразно прокашивать транспортные магистрали.

Заключение

Результаты исследований показывают, что кратность воздействия кормоуборочных комплексов достигает восьми, а площадь уплотнения до 70 % от общей убираемой площади поля; применение прицепных машин практически в 2 раза увеличивает площадь уплотнения поля ходовыми системами, что определяет пути решения проблемы.

Список использованных источников

1. Быков, Н. Н. Рациональное использование кормоуборочной техники в технологических операциях заготовки кормов (для условий БССР) : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01; 05.20.03 / Н. Н. Быков. – Горки, 1989. – 198 л.
2. Непарко, Т. А. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учеб. пособие / Т. А. Непарко, А. В. Новиков, И. Н. Шило; под общ. ред. Т. А. Непарко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 199 с.