

Технико-экономическое обоснование ширины захвата штангового опрыскивателя

М.М. Константинов, д.т.н., профессор, Е.С. Петренко, аспирантка, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

В наше время защита растений с помощью ряда химических препаратов играет большую роль в увеличении эффективности сельскохозяйственной деятельности. Это связано в первую очередь с широким распространением болезней, насекомых-вредителей и сорняков, способных нанести большой ущерб урожаю. Осуществляемые мероприятия по химической защите растений ежегодно позволяют сохранить 17–18 млн т зерна,

10–11 млн т картофеля, 13–14 млн т сахарной свёклы и многие другие виды сельскохозяйственной продукции [1]. Вместе с тем увеличение объёмов применения средств химической защиты растений при несовершенстве технологии и технических средств, несоблюдение агротехнических и технологических требований приводят к перерасходу пестицидов и повышению уровня загрязнения окружающей среды.

Одним из эффективных методов обработки растений химическими препаратами является применение штанговых опрыскивателей. Опрыскиватель

включает в себя дезинфекцию растительных культур химическими веществами, полив и подкормку растений, при этом не нарушая верхний слой почвы.

На современном этапе развития данные аппараты подверглись различным усовершенствованиям, наиболее существенными из которых являются конструктивные изменения штанги. Опрыскиватели снабжаются надёжной системой стабилизации положения при движении по неровностям поля. При ширине захвата более 18 м несущие конструкции штанг изготавливают из алюминиевых или титановых сплавов, что позволяет значительно уменьшить динамические нагрузки на штанги широкозахватных опрыскивателей и их массу [1–3]. Однако следует учитывать, что данные конструктивные изменения могут привести к удорожанию конструкции опрыскивателя в целом, поэтому возникает необходимость в технико-экономической оценке.

Цель исследования – обосновать с точки зрения технико-экономической эффективности ширину захвата штангового опрыскивателя.

Материал и методы исследования. Анализ основных технических данных показывает, что ширина захвата опрыскивателей достигает 30 м, максимальная вместимость рабочего бака – 3,2–6,0 тыс. л, производительность – 27–30 га/ч (у самоходных – 75 га/ч), норма расхода рабочей жидкости для большинства опрыскивателей составляет 75–300 л/га, ультрамалообъёмных – 5–10 л/га [4, 5].

Под экономико-математической моделью понимается совокупность уравнений, показывающих связь основных параметров процесса с экономическими показателями его функционирования [6].

Как было отмечено ранее, в качестве критерия приняты комплексные затраты, которые при оптимизации процесса могут быть представлены следующей формулой:

$$I_{ск} = (W_{ск} \cdot T_{ск})^{-1} \cdot [(B_{з.с} \cdot \alpha_{з.с} \cdot j_{з.с}) + (B_{он} \cdot \alpha_{он} \cdot j_{он}) + T_{м} \cdot j_{м}] + Z_{ск} + G_{ск} + P_{ск} \quad (1)$$

где $B_{з.с}$, $B_{он}$ – балансовая стоимость энергосредства, опрыскивателя соответственно, руб.;
 $\alpha_{з.с}$, $\alpha_{он}$ – отчисления на реновацию, ремонт и техническое обслуживание энергосредства, опрыскивателя, доля/год;
 $j_{з.с}$, $j_{он}$, $j_{м}$ – доля данной работы (опрыскивание) в годовом объёме работ энергосредства, опрыскивателя, механизаторов;
 $T_{м}$ – норма эффективности труда одного механизатора, руб/год;
 $G_{ск}$ – затраты на горюче-смазочные материалы, руб/год;
 $W_{ск}$ – производительность опрыскивающего агрегата, га/ч;
 $T_{ск}$ – годовая загрузка опрыскивателя, ч;
 $P_{ск}$ – потери пестицидов при опрыскивании, га/ч.

Выразим составляющие формулы (1) в зависимости от основных параметров штангового опрыскивателя.

Балансовая стоимость штангового опрыскивателя с достаточной точностью представлена на рисунке 1.

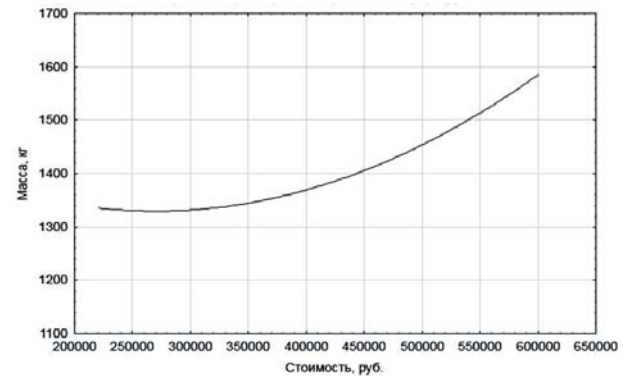


Рис. 1 – Зависимость балансовой стоимости штангового опрыскивателя от его массы

Данная диаграмма рассеяния представлена формулой:

$$K_1 = 1507,7683 - 0,0013 \cdot x - 9 \cdot x^2 \quad (2)$$

Уточнение массы штангового опрыскивателя состоит в сложении её из массы отдельных унифицированных элементов и узлов, заимствуемых у серийного штангового опрыскивателя, и пересчитанных масс других элементов, параметры которых изменяются [6].

Основные показатели штанговых опрыскивателей представлены в таблице.

Затраты на горюче-смазочные материалы можно рассчитать по формуле [7]:

$$\Gamma = G_T \cdot C_k \cdot W_{ск}^{-1} \quad (3)$$

где G_T – расход топлива, кг/ч;

C_k – комплексная цена горюче-смазочных материалов, руб/кг.

$$G_T = g_e \cdot N_e \cdot \lambda,$$

где N_e – эффективная мощность двигателя энергосредства, кВт;

g_e – удельный эффективный расход топлива, кг/кВт·ч;

λ – коэффициент загрузки двигателя.

Эффективная мощность двигателя энергосредства определяется по формуле [8]:

$$N_e = N_{неп} + N_{мг} + N_{тр} + N_{б} + N_{гом} \quad (4)$$

где $N_{неп}$ – затраты мощности на самопередвижение энергосредства со штангой, кВт;

$N_{мг}$ – тяговая мощность энергосредства, кВт;

$N_{тр}$ – потери мощности в трансмиссии энергосредства, кВт;

$N_{б}$ – потери мощности на буксование энергосредства, кВт;

Основные показатели штанговых опрыскивателей

Модель	Производительность, га/ч	Ширина захвата, м	Вместимость бака, л	Расход рабочей жидкости, л/га	Масса, кг	Стоимость, руб.	Стоимость 1 м, руб/м
ОП-2000М	16	18	2000	75–300	1350	220000	12222
ОП-18-2000	10–21	18	2000	70–300	1350	275000	15278
ОПГ-2000	21	18	2000	75–300	1400	240000	13333
ОПГ-2500	До 20	21	2500	75–300	1150	270000	12857
ОП-2000/21	24	21	2000	150–300	1250	320600	15267
ОПУ-2000	20	21	2000	75–300	1500	400000	19047
ОП-2500М	19	22	2500	75–300	1400	260000	11818
ОП-22-2500	16–24	22	2500	75–300	1500	490000	22272
ОП-2000/24	28	24	2000	150–300	1350	520000	21667
ОПМ-2505В	21,6	24	2500	75–300	1450	489400	20392
ОП-24-3000	19–24	24	3000	75–300	1610	600000	25000

$N_{вом}$ – мощность, снимаемая с вала отбора мощности энергосредства на привод рабочих органов жатки, кВт.

Затраты мощности на самопередвижение энергосредства определяются по формуле [7]:

$$N_{пер} = f \cdot N_э \cdot M_{N_э} \cdot g \cdot v_p \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

где f – коэффициент сопротивления перекачиванию энергосредства со штангой;

N – эксплуатационная мощность двигателя энергосредства, кВт;

$M_{N_э}$ – эксплуатационная масса энергосредства со штангой, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

v_p – рабочая скорость опрыскивателя, м/с.

Производительность агрегата при опрыскивании определяется зависимостью [7]:

$$W_{он} = 0,36 \cdot B \cdot v_p \cdot \tau_{см}, \quad (6)$$

где B – ширина захвата штанги опрыскивателя, м;

$\tau_{см}$ – коэффициент использования времени смены.

Рабочая скорость движения агрегата при опрыскивании определяется зависимостью:

$$v_p = \frac{L}{t}, \quad (7)$$

где L – длина участка, м;

t – время прохождения этого участка, с.

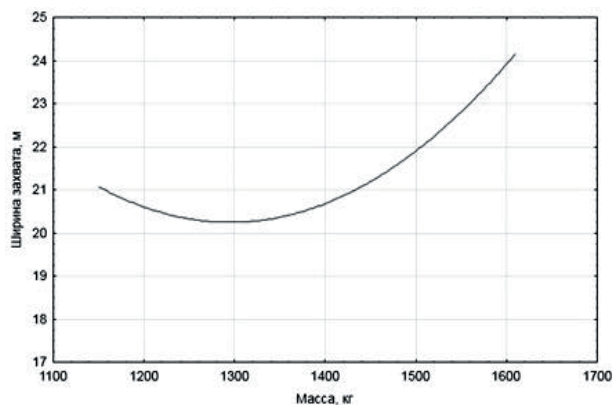


Рис. 2 – Зависимость ширины захвата штангового опрыскивателя от его массы

Значения $T_{пер}$, $T_{ЕТО}$ и T_o приняты на основе экспериментальных исследований, выполненных другими авторами.

Результаты исследования. С учётом вышеизложенного затраты на процесс опрыскивания (1) могут быть представлены следующей зависимостью [7]:

$$I_{ск} = \left(0,36 \cdot B \cdot v_p \cdot \frac{T_p}{T_{см}} - T_{ск} \right)^{-1} \cdot \left[\left((B_{э.с.} \cdot \alpha_{э.с.} \cdot j_{э.с.}) + (56,25 \cdot M_o \cdot \alpha_o \cdot j_o) + C \cdot T_{ск} + g_e \cdot \right) \cdot \left(f \cdot N_э \cdot M_{N_э} \cdot g \cdot v_p \cdot 10^{-3} + M_{ж} \cdot g \cdot v_p \cdot 10^{-3} + N_э \cdot (1 - \eta_c) + \delta + \lambda \cdot I_k \cdot T_{ск} \right) \cdot \left(M_m \cdot \frac{\pi \cdot n_m}{30} + N_u + M_{мпу} \cdot \frac{\pi \cdot n_{мпу}}{30} \right) \right] + P_{ск}, \quad (8)$$

где B – ширина захвата штанги опрыскивателя, м;

v_p – рабочая скорость опрыскивателя;

T_p – чистое время работы агрегата, ч;

$T_{см}$ – время смены, ч;

M_o – масса опрыскивателя, кг;

m_o – интенсивность технологических отказов, ч/м;

M_m – крутящий момент на валу опрыскивателя, кНм;

n_m – частота вращения вала опрыскивателя, об/мин;

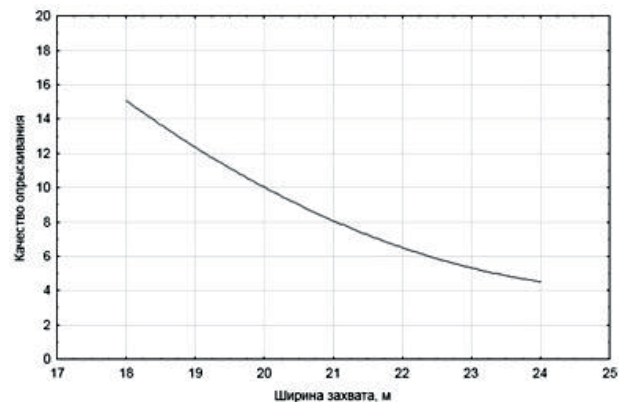


Рис. 3 – Зависимость качества опрыскивания полевых культур от ширины захвата штанги опрыскивателя

N_n – затраты мощности на привод опрыскивателя, кВт;

C – часовая тарифная ставка оплаты труда с учётом различных доплат, руб/ч.

Анализ формулы (8) показывает, что экономическая эффективность процесса опрыскивания зависит от целой группы факторов: параметров опрыскивателя (производительность, расход рабочей жидкости, длина штанги, давление в системе опрыскивателя и т.д.); режима работы опрыскивателя (скорость движения агрегата, высота штанги и т.д.); условий эксплуатации (размерные характеристики поля, рельеф и т.д.); обеспеченности сельскохозяйственных предприятий механизаторами (оплата труда, расходы на обеспечение условий их жизни и труда и т.д.).

Зависимость ширины захвата штангового опрыскивателя от его массы с достаточной точностью представлена на рисунке 2.

Данная диаграмма рассеяния представлена формулой:

$$K_2 = 97,0362 - 0,1021 \cdot x - 5 \cdot x^2. \quad (9)$$

Зависимость ширины захвата штангового опрыскивателя от качества опрыскивания с достаточной точностью показана на рисунке 3.

На примере опрыскивателя ОП-2000М проведём технико-экономическое обоснование основных параметров.

Исходя из известных условий эксплуатации (размерные характеристики полей, рельеф) можно определить оптимальную ширину захвата штанги опрыскивателя: оптимальная скорость движения агрегата 8 км/ч; высота штанги 0,5 м; расход рабочей жидкости 300 л/га; производительность 19 га/ч.

Качество опрыскивания определяется равномерностью распределения рабочей жидкости по ширине захвата штанги.

Данная диаграмма рассеяния выражена формулой:

$$K_3 = 90,5153 - 9,8066 \cdot x + 0,1916 \cdot x^2. \quad (10)$$

На рисунке 4 отражена зависимость потерь урожая от ширины захвата штанги опрыскивателя для зоны Южного Урала.

Данная диаграмма рассеяния представлена формулой:

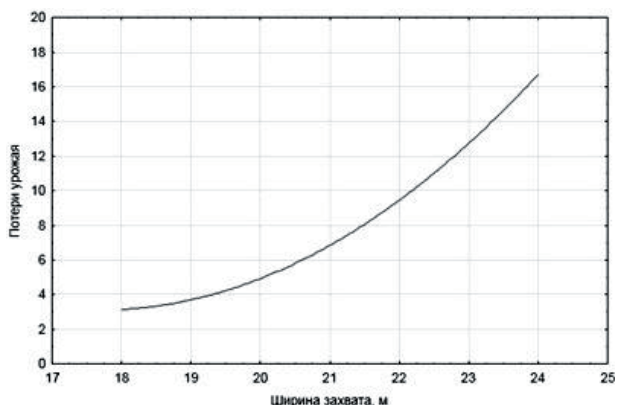


Рис. 4 – Зависимость потерь урожая от ширины захвата штанги опрыскивателя

$$K_4 = 111,4121 - 12,1241 \cdot x + 0,3425 \cdot x^2. \quad (11)$$

В результате проведённых расчётов получена наиболее оптимальная ширина захвата штанги опрыскивателя, равная 21 м.

На основании проведённого исследования можно сделать вывод, что с увеличением ширины захвата штанги опрыскивателя время (сроки) на обработку полевых культур уменьшается, увеличивается производительность опрыскивателя. Вместе с тем увеличивается масса опрыскивателя, что ведёт к увеличению балансовой стоимости опрыскивателя.

Литература

1. Совершенствование технологий и технических средств опрыскивания растений (обзор, анализ, теория). Ч. 1 / В.П. Белогорский [и др.]. Воронеж: Истоки, 2005. 88 с.
2. Агротехнические требования к опрыскивателям [Электронный ресурс]. URL: <http://helpiks.org/7-78963.html>.
3. Клочков А.В. Перспективы применения самоходных опрыскивателей/ Техника для химической защиты и полива. 2012. [Электронный ресурс]. URL: <https://agroinfo.com/tehnika-dlya-ximicheskoy-zashhity-i-poliv/>.
4. Вартукаптейнис К.Э. Обоснование параметров и элементов конструкции штанговых опрыскивателей: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Елгава, 1984.
5. Константинов М.М., Студеникина Е.С. Анализ и пути совершенствования технических средств для опрыскивания растений // Научно-производственный журнал «Наука». 2016. № 2 /КИнЭУ, Костанай. С. 41–46.
6. Иофинов С.А., Лышко Г.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1984. 350 с.
7. ГОСТ 24055-88 (СТ СЭВ 5628-86). Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Введ. 01.01.89.
8. Фере Н.Э. и др. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1984. 350 с.