

## Раздел 3. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 631.316

Бабицкий Л. Ф., Мищук С. А.

### ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ НОЖЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

*В статті розглянуто технологію зміцнення зубчастих ножів ґрунтообробних знарядь твердосплавним порошком «реліт» на основі карбїду вольфраму.*

*Ключові слова: технологія зміцнення, зубчасті ножі, леміш, наплавка, твердосплавний порошок.*

*В статье рассмотрена технология упрочнения зубчатых ножей почвообрабатывающих орудий твердосплавными порошками «релит» на основе карбида вольфрама.*

*Ключевые слова: наплавка, технология упрочнения, зубчатые ножи, лемех, твердосплавный порошок.*

*In the article the technology of hardening serrated blades tillage tools with carbide powders «relit» on the basis of tungsten carbide.*

*Key words: surfacing, the technology of hardening, serrated knives, blade, carbide powder.*

**Постановка проблемы.** В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур весьма энергоемким процессом остается обработка почвы, которая производится путем механического воздействия рабочего органа на обрабатываемую среду. Причиной этого является сравнительно высокое тяговое сопротивление лемеха-клина, возрастающее при затуплении режущих кромок лезвий рабочих органов. Лемех, служащий для подрезания пласта почвы, является наиболее изнашиваемой деталью плуга и плоскореза. При работе он находится в тяжелых условиях абразивной среды, подвергаясь воздействию абразивных и ударных нагрузок, что приводит к значительному затуплению.

**Цель статьи** – обосновать технологию упрочнения зубчатых ножей почвообрабатывающих орудий твердосплавным порошком «релит» на основе карбида вольфрама.

**Изложение основного материала.** Наиболее интенсивное изнашивание дисков и лемехов почвообрабатывающих орудий происходит при обработке песчаных переувлажненных почв, порождаемое, в основном, силами трения почвы о рабочую поверхность подрезающего и рыхлящего элементов. Величина износа лемеха зависит от содержания в почве физического песка, размеров его зерен и влажности почвы. С увеличением в почве оптимальной влажности физического песка износ лемехов и дисков увеличивается.

Массовый износ лемехов при работе на песчаных почвах с большим количеством каменных включений в 2,5...4 раза больший, чем при обработке глинистых, супесчаных и песчаных почв с небольшим количеством каменных включений. При вспашке каменных почв лемех мало изнашивается по массе, но быстро за-

тупляется, достигая износа по ширине на 7...8 мм. Нарботка на один лемех при этом составляет 8...9 га. Работоспособность лемехов зависит от скорости затупления и прочностных свойств лезвия. Основной причиной преждевременной выбраковки лемеха является образующаяся в процессе работы затылочная фаска на лезвии, превышающая по ширине 2,5 мм, что приводит к выглублению пахотного орудия. Лемехи интенсивно изнашиваются по толщине при вспашке песчаных почв, причем при увеличении влажности почвы изнашивание лемехов происходит быстрее и наработка на один лемех составляет 2...6 га. При обработке песчаных и супесчаных почв без наличия камней лемеха изнашиваются как по толщине, так и по ширине, и наработка на один лемех до замены зависит от содержания песка и составляет 4...7 га.

Для почвенных условий Крыма характерны песчаные и супесчаные почвы с наличием камней. При обработке таких почв происходит быстрый износ лемехов с лицевой стороны. В процессе работы режущие элементы почвообрабатывающих орудий приобретают следующие дефекты: износ лезвия по ширине, первой стадией которого является затупление; износ по толщине – абразивный износ рабочей поверхности, особенно на песчаных почвах; изгиб при столкновении лемеха с камнями, коррозия, трещины и обломы.

От работы и неоднократных заточек почво-режущие детали изнашиваются до предельного состояния, после чего они выбраковываются или восстанавливаются различными способами.

В процессе совершенствования сельскохозяйственной техники конструкции плужных лемехов изменялись незначительно. Их развитие шло путем подбора материалов и методов их

обработки, а также совершенствования геометрической формы лемехов. Однако работоспособность почворезущих деталей, особенно при обработке тяжелых каменистых почв, остается еще низкой, что отрицательно сказывается на энергоемкости и производительности труда в сельскохозяйственном производстве.

Опыт эксплуатации лемехов в различных почвенных условиях показывает, что при изна-

шивании на лезвии образуется затылочная фаска. Для поддержания остроты лезвия необходимо проводить его наплавку и упрочнение.

С целью повышения долговечности работы предложенных нами ранее зубчатых лемехов культиваторов-плоскорезов [1] предлагается упрочнять твердосплавными порошками только зубья ножей, которые концентрируют давление на почву в процессе ее подрезания (рис. 1).

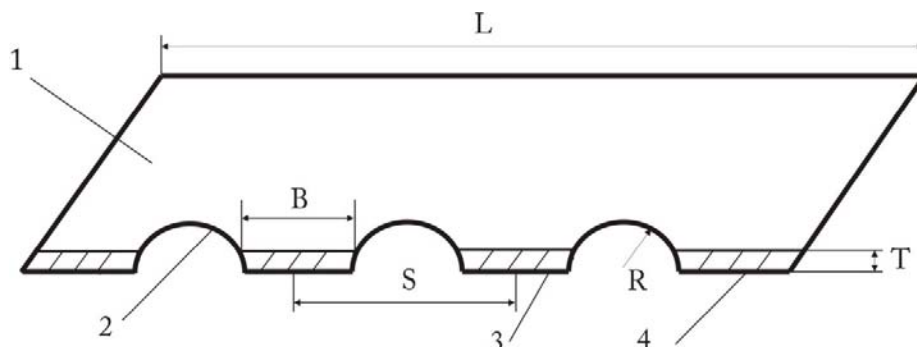


Рис. 1. Схема наплавки зубьев ножа твердосплавным порошком: 1 – нож; 2 – вырезы; 3 – зубья; 4 – зона наплавки.

В качестве наплавочного материала используются релит наплавочный типа «ЛЗ» ТУ У 322-19-008-97 (композит, содержащий карбиды вольфрама), стеллит (сплав, содержащий 0,5–3% углерода, 25–33% хрома, 3–17% вольфрама, а также никель и молибден). Кроме релита и стеллита применяются высокохромистые сплавы на основе железа.

Геометрические параметры зубчатого ножа для наплавки определяются по следующим зависимостям.

Шаг зубьев  $S$  в зависимости от длины лемеха  $L$  или ножа определяется по следующей формуле:

$$S = \frac{L}{Z}, \quad (1)$$

где  $Z$  – количество зубьев (не менее четырех).

Ширина зуба определяется по формуле:

$$B = 2kS, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент расстановки зубьев равный 0,23...0,24.

Радиус выреза  $r$  определяется по следующей зависимости:

$$R = \frac{B}{2}. \quad (3)$$

Ширина полосы наплавки равна:

$$T = \frac{R}{2}. \quad (4)$$

Для восстановления лемехов твердосплавными порошками в условиях небольшого хозяйства предлагается использовать газопламенную наплавку с использованием в качестве присадочного прутка ленточный релит (рис. 2).

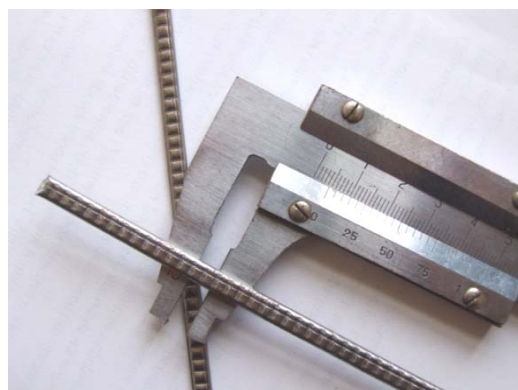


Рис. 2. Присадочные прутки из углеродистой стали и порошкообразного релита фракции 0,28–0,45 мкм.

При газопламенной наплавке для нагрева основного и наплавляемого металлов используют теплоту, выделяемую при горении смеси ацетилена, мощность пламени которого должна быть 100–120 л/ч на 1 мм толщины металла, или его заменителей и кислорода.

Газовое пламя – наименее интенсивный источник нагрева, поэтому его применение обуславливает большую, чем в других случаях, зону термического влияния. Испарения металла при использовании этого источника нагрева нет. Особенностью процесса является возможность получения малой доли основного металла в наплавленном (5–10%), что связано с отсутствием значительного давления струи газа на поверхность ванны.

Давление потока газа оценивается прямо пропорционально квадрату количества газа, истекающего из сопла в секунду, и его плотности

и обратно пропорционально расстоянию от среза сопла до поверхности ванны. Эта зависимость позволяет легко управлять процессом.

Кроме малого проплавления, газовая наплавка имеет и другие преимущества: универсальность и гибкость технологии; возможность наплавки тонких слоев; пониженную опасность возникновения трещин, поскольку процесс наплавки легко совмещается с предварительным подогревом; низкую стоимость наплавочного оборудования. К недостаткам газовой наплавки относится низкая производительность процесса; нестабильность качества наплавленного слоя, зависящая от квалификации сварщика [3].

Толщина наплавленного слоя регулируется за счет разных углов наклона детали. Если угол наклона детали будет  $7^\circ$ , получится тонкий слой наплавки. Если увеличивать угол наклона до  $15^\circ$ , то слой будет увеличиваться. Глубина проплавления не должна быть больше 0,3–0,5 мм. В этом случае не произойдет перемешивания основного металла с наплавленным.

При производстве наплавочных работ горелку надо держать под углом  $70^\circ$  (можно  $60\text{--}80^\circ$ ) вправо, а присадку – под углом  $30\text{--}40^\circ$  влево. Пруток всегда должен находиться в зоне пламени. Нельзя допускать касания ядром пламени расплавленного металла. Это приводит к появлению пористости в наплавленном металле. Срез мундштука горелки должен быть на расстоянии 50 мм от наплаваемого валика. При наплавке обязателен предварительный нагрев детали. Если деталь закалена, производится отжиг при температуре  $800\text{--}900^\circ\text{C}$ . Температура подогрева для массивных лемехов составляет  $600\text{--}700^\circ\text{C}$ . Мелкие детали достаточно подогреть всего до  $300\text{--}500^\circ\text{C}$ , чтобы не появились микротрещины. Обычно толщина наплавленного слоя не должна быть больше 2-3 мм (если деталь подвергается ударным нагрузкам), толщина слоя в случае работы детали на истирание – 4–8 мм.

Виды наплавочных материалов для газопламенной технологии приведены в табл. 1.

Таблица 1.

**Наплавочные материалы, применяемые при газопламенной наплавке [2].**

Наплавочный материал	Марка	Характеристика состава	Область применения
Металлокерамические твердые сплавы в виде пластин	Победит	Карбиды вольфрама и титана, связанные кобальтом и железом	Оснащение металлорежущего инструмента
Литые твердые сплавы в виде прутков	Стеллит В2К Стеллит В3К Сормайт 2 Сормайт С27	Сплав вольфрама и хрома, связанных кобальтом и железом  Сплав карбида хрома с железом и никелем (до 5%)	Наплавка на детали, работающие при высоких температурах Для наплавки на детали в т. ч. на лемехи, работающие при нормальных и несколько повышенных температурах
Твердый сплав в виде трубчатого стержня	Релит ЛЗ	Трубка (06Ч0,5 мм) из низкоуглеродистой стали, заполненная крупной карбидов вольфрама (ослитом)	Для наплавки рабочих органов дорожных и почвообрабатывающих машин, деталей, работающих в условиях сильного абразивного износа

Наилучшие результаты достигнуты при содержании релита в смеси около 50%. В этом случае обеспечивается хорошее формирование валиков и равномерное распределение частиц релита по сечению (рис. 3).

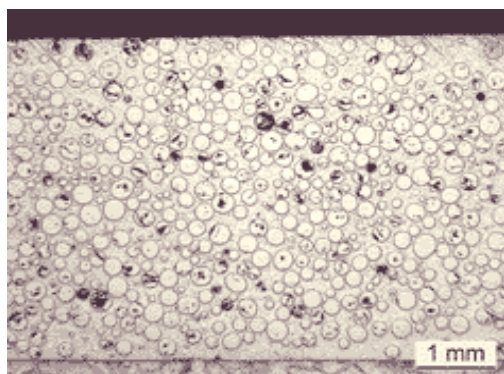


Рис. 3. Структура наплавленного слоя с содержанием релита 50% (увеличено  $\times 20$ ).

Таким образом, 50%-ное содержание релита в смеси обеспечивает максимальную износостойкость наплавленного металла.

Если релита в смеси больше, чем 50%, то, чтобы хорошо сформировать валик, необходимо существенно (на 40–50%) увеличивать нагрев, то есть увеличивать тепловложение в деталь, что в свою очередь приводит к заметному растворению частиц, повышенной хрупкости поверхности детали и, как следствие, снижению износостойкости.

В процессе восстановления деталей производят следующие операции:

- подготовку деталей и узлов (очистку от загрязнений);
- дефектовку (выявление скрытых дефектов, трещин, изменение геометрических размеров в процессе эксплуатации);

- подготовку поверхности под наплавку (как правило, очистку от загрязнений, струйную очистку);
- отжиг для термически обработанной детали;
- восстановление геометрии методом наплавки (в зависимости от величины износа, условий эксплуатации, материала);
- контроль качества наплавки;
- механическую обработку изделия;
- проведение термической закалки и отпуска.

#### **Выводы.**

1. Металл, наплавленный ленточным релитом с содержанием зерен 50%, отличается особо высокой износостойкостью в условиях интенсивного абразивного изнашивания лемехов с умеренными ударными нагрузками в почвенной среде.

2. Наиболее доступной и эффективной технологией нанесения твердосплавных покрытий на ножи и лемехи почвообрабатывающих машин

в условиях единичного производства является технология газопламенной наплавки с использованием в качестве горючего газа ацетилена (мощность пламени – 100–120 л/ч на 1 мм толщины металла).

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бабицкий Л. Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин / Л. Ф. Бабицкий. – К. : Урожай, 1998. – 164 с.
2. Дудко Д. А. Наплавка и армирование зубьев ковшей экскаваторов износостойким композиционным сплавом / Д. А. Дудко // Сварочное производство. – 1977. – № 6. – С. 16–18.
3. Ткаченко М. Е. Разработка и промышленное внедрение композиционного сплава на основе релита для армирования шарошек буровых долот / М. Е. Ткаченко, А. И. Подугольников // Наплавка износостойких и жаростойких сталей и сплавов. Наплавочные материалы. – К. : ИЭС им. Е. И. Патона, 1983. – С. 17–20.

УДК 371.132

**Бекиров Л. Р., Бекиров Р. Н.**

### **ТЕХНОЛОГИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ В СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ**

*В статті показана важливість орієнтації сільської молоді на ведення фермерських господарств, їх трудової діяльності за всіма існуючими польовими технологічними операціями, формування навичок і умінь не тільки в отриманні врожаїв, але й у збереженні цих врожаїв без зниження якості продукції. Для здобуття наочності, дохідливості в пізнанні польових технологічних операцій в сільському господарстві авторами представлений матеріал у вигляді післяопераційних структурно-логічних схем з коментарями. Структурно-логічні схеми технологічних операцій сільськогосподарського виробництва дозволяють чітко представити послідовність цих операцій, їх види і варіанти їх використання при заповненні специфічних сільськогосподарських робіт.*

**Ключові слова:** сільськогосподарські роботи, виробничі технології, польові роботи, технологічні операції.

*В статье показана важность ориентации сельской молодежи на ведение фермерских хозяйств, их трудовой деятельности по всем существующим полевым технологическим операциям, привития им умений и навыков не только возделывать землю и получать урожай, но и уметь сохранить этот урожай без снижения качества продукции. Для получения наглядности, доходчивости в познании полевых технологических операций в сельском хозяйстве авторами представлен материал в виде пооперационных структурно-логических схем с комментариями. Структурно-логические схемы технологических операций сельскохозяйственного производства позволяют четко представить последовательность этих операций, их виды и варианты их использования при выполнении специфических сельскохозяйственных работ.*

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные работы, производственные технологии, полевые работы, технологические операции.

*The article shows the importance of targeting of rural youth to farming, their training to all existing technological operations, developing their skills not only to cultivate the land and receive the harvest, but also to be able to keep this harvest without reducing the quality of products. For visibility, clarity in learning and cognition of the field technological operations in agriculture, authors presented the teaching material in the form of operational structural and logical diagrams with commentary. The structural-logical charts of technological operations of agricultural production allow expressly to present the sequence of these operations, their kinds and variants of their using for filling in of specific agricultural works.*

**Key words:** agricultural activities, industrial technology, field labour, technological operations.

**Постановка проблемы.** Принятый в Украине курс на рыночную экономику, распаивание земель внёс свои коррективы в развитие сельскохозяйственного производства. Уже нет гигантских хозяйств с многотысячными гектарами посевной площади. Взамен появились мелкие фермерские хозяйства или пайщики (владельцы паёв земли), которые сдают свои площади в аренду более крупным сельскохозяйственным объединениям: арендным предприятиям, сельскохозяйственным фирмам, холдингам и др.

**Анализ литературы.** Сельскохозяйственный труд занимает важное место для профессиональной ориентации и приобретения первичных навыков ведения хозяйства. Но, к сожалению, первичные навыки ведения хозяйств сориентированы в лучшем случае на ведение приусадебного хозяйства.

В настоящее время существует проблема приобретения кадров для ведения сельских хозяйств. Молодёжь, проживающая в сельской местности, испытывает безработицу, отсутствие свободных рабочих мест.

Следовательно, стоит важная государственная задача – научить сельскую молодёжь вести своё фермерское хозяйство. Другая проблема – это несоответствие существующей сельскохозяйственной техники для обработки мелких площадей фермерских хозяйств.

Следовательно, сельскую молодёжь необходимо ориентировать на изучение и применение малогабаритной сельскохозяйственной техники (малогабаритные трактора, сельскохозяйственные машины и орудия, агрегатируемые с ними) для проведения механизированных работ в соответствии с современным мировым опытом и предъявляемым агротехническим требованиям.

Третья проблема – уметь не только возделывать земельный участок и получать урожай, но и уметь сохранить данный урожай без сни-

жения качества продукции для его дальнейшего использования. Здесь очень важно научить будущих фермеров приобретать знания, умения и навыки в первичной переработке сельскохозяйственной продукции: очистке, сортировке, сушке, хранении и др. [1–4].

**Цель данной статьи** – на основе анализа различных последовательных сельскохозяйственных операций разработать структурно-логические схемы по технологии сельскохозяйственных работ.

**Изложение основного материала.** По операционной технологии сельскохозяйственных работ все выполняемые операции можно разделить на:

- технологические операции по очистке полей от остатков предыдущего урожая и подготовке площади к обработке;
- технологические операции по основной предпосевной обработке почвы (подготовка почвы под посев и посадку сельскохозяйственных культур);
- технологические операции по посеву, посадке;
- технологические операции по уходу за посевами;
- технологические операции по защите сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней;
- технологические операции по уборке урожая;
- технологические операции по первичной переработке продукции.

Для наглядности, доходчивости в изучении и познании всей вышеуказанной группы технологических операций можно выразить в виде структурно-логических схем.

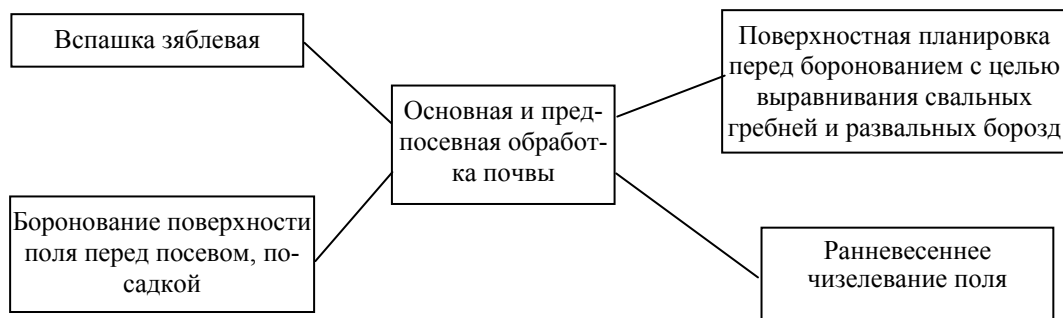
Как видно из рис. 1, подготовка площади под основную обработку почвы состоит из операций вычёсывания, сгребания, корчевания растений, планировки, выравнивания поля (лучения, сплошной культивации поверхности поля и глубокого рыхления почвы) [1; 5; 6].



**Рис. 1.** Структурная схема технологических операций по очистке поля, подготовке площади к обработке.

Структурная схема, представленная на рис. 2, позволяет наглядно проследить за технологией основной и предпосевной обработки почвы и выполняемыми при этом операциями, которые заключаются в зяблевой вспашке почвы, ранне-

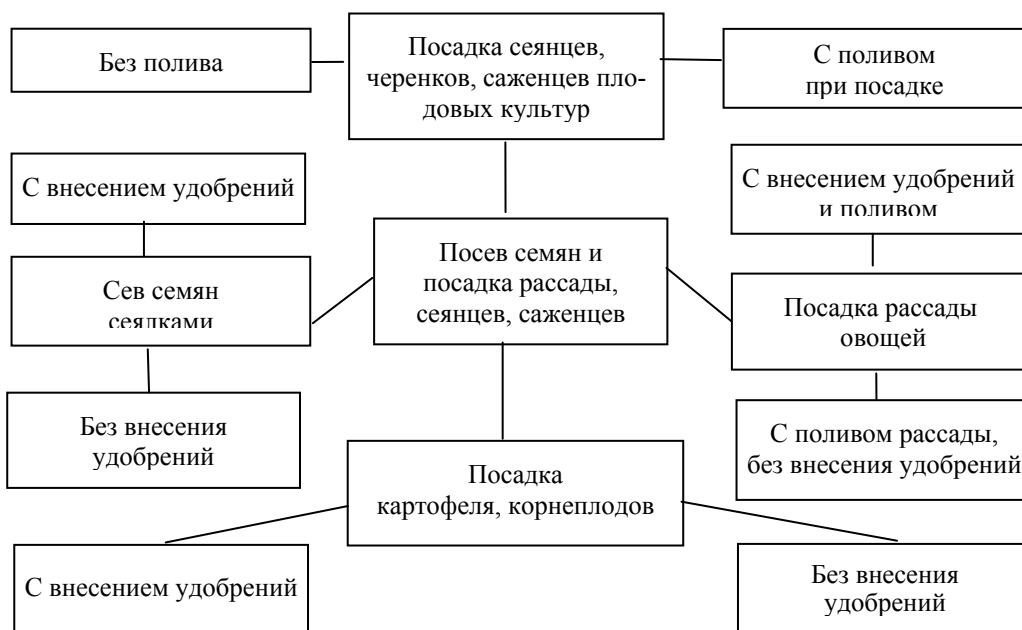
весеннем чизелевании поля; бороновании поверхности поля перед посевом и посадкой; поверхностной планировкой с целью выравнивания свальных гребней и развальных борозд (перед боронованием) [1; 5; 7].



**Рис. 2. Структурная схема технологических операций основной и предпосевной обработки почвы.**

Важным технологическим приёмом в фермерском хозяйстве является посев семян и посадка рассады овощных и сеянцев, саженцев плодово-ягодных культур (рис. 3), включающий

различные вариации сева и посадки (с внесением удобрений, без внесения удобрений; с поливом рассады, без полива рассады, с внесением удобрений и поливом и т. д.) [1; 3; 5; 7].



**Рис. 3. Структурная схема технологических операций посева, посадки сельскохозяйственных культур.**

Основой получения гарантированного урожая является организация ухода за растениями в вегетационный период (рис. 4), которая включает в себя ряд операций, наглядно представлен-

ных в схеме: прополку сорняков (с вариациями), рыхление почвы (с вариациями), нарезку борозд с подкормкой растений минеральными удобрениями, чеканку растений [1; 8].



**Рис. 4. Структурная схема технологических операций ухода за посевами.**

Мировая практика показывает, если не защитить будущий урожай от вредителей и болезней, то можно потерять до 20% урожая. Струк-

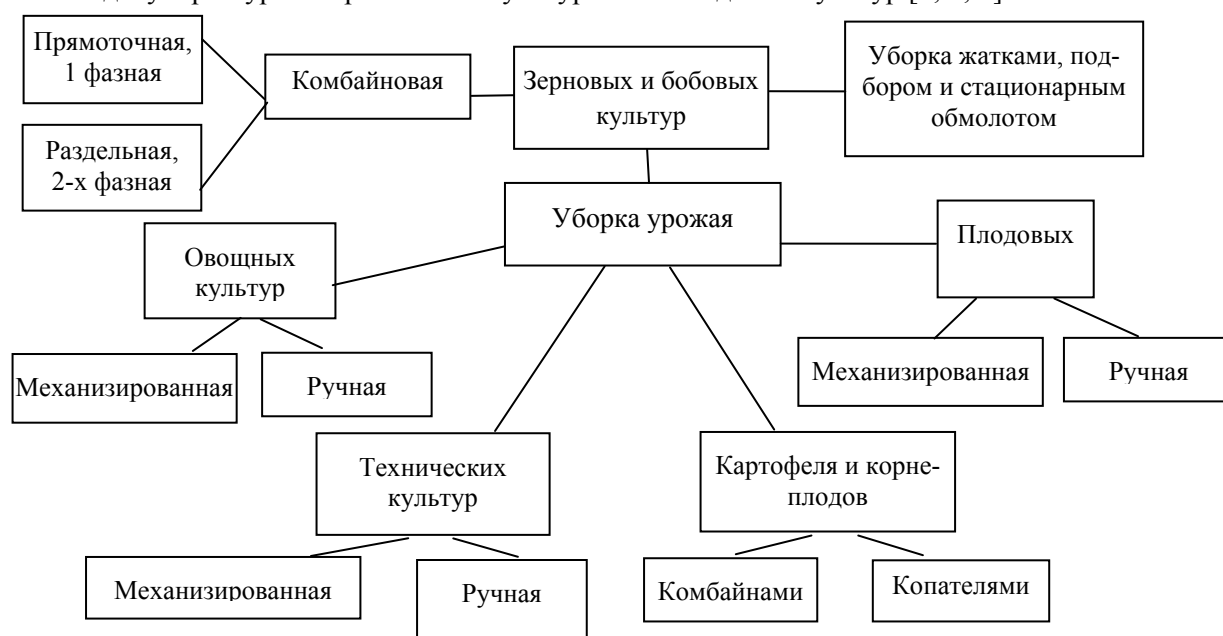
турная схема (рис. 5) наглядно показывает общепринятые меры защиты: механический, агротехнический, биологический и химический.



**Рис. 5. Структурная схема методов защиты растений от вредителей и болезней.**

Схема (рис. 6) показывает возможные варианты и виды уборки урожая различных культур:

зерновых, овощных, корнеплодов, технических и плодовых культур [1; 6; 7].



**Рис. 6. Структурная схема технологических операций уборки урожая.**

Для сохранения урожая необходима первичная обработка (рис. 7), т. е. выполнение следующих технологических операций: очистки собранной продукции от сора, растительных ос-

татков, земли; для дальнейшего целевого назначения проведение сортировки и калибровки, а при необходимости – сушки урожая зерновых, зернобобовых культур [1; 5; 9–11].



**Рис. 7. Структурная схема технологических операций первичной обработки собранного урожая.**

**Вывод.** Система структурно-логических схем технологических операций сельскохозяйственного производства позволяет четко представить последовательность этих операций, их

виды, варианты использования при выполнении сельскохозяйственных работ с учетом специфики условий производства (зерновых, овощных, технических культур).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1988–1995 гг. Растениеводство. – М. : Госагропромком, 1988. – 859 с.
2. Гольдман В. Б. Приспособления по уходу за садом и огородом / В. Б. Гольдман. – М. : Россельхозиздат, 1982. – 96 с.
3. Микаелян Г. А. Промышленная технология производства рассады овощных культур / Г. А. Микаелян, Н. И. Краевая. – М. : Колос, 1984. – 143 с.
4. Механизация процессов хранения и переработки плодов и овощей : справочник / [под ред. В. В. Момота и др.]. – М. : Агропромиздат, 1988. – 272 с.
5. Искандарян М. И. Практикум по механизации сельского хозяйства : учебное пособие для с.-х. вузов / М. И. Искандарян, В. А. Рожнецев. – М. : Колос, 1981. – 191 с.
6. Справочник молодого механизатора по возделыванию и уборке хлопка / [Устинов А. Н. и др.]. – Ташкент : Укитувчи, 1987. – 222 с.
7. Медведев В. П. Механизация производства семян овощных и бахчевых культур / В. П. Медведев, А. В. Дураков. – М. : Агропромиздат, 1985. – 239 с.
8. Шамаев Г. П. Механизация защиты сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней / Г. П. Шамаев, С. Д. Шеруда. – М. : Колос, 1978. – 256 с.
9. Механизация применения удобрений : справочник агрохимика / [И. К. Рябченко, В. Е. Явтушенко, Н. Н. Харенко, В. В. Полякис]. – М. : Колос, 1982. – 192 с.
10. Первичная обработка хлопка : справочник / [Г. Д. Джабаров и др.]. – М. : Лёгкая индустрия, 1978. – 430 с.
11. Справочник по первичной обработке хлопка / [под ред. И. Т. Максудова]. – Ташкент : Мехнат, 1994. – 574 с.

УДК 631.34.633.51

Бекиров Р. Н.

### ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ КАПЕЛЬ РАСПЫЛИВАЕМОЙ СТРУИ У ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

*У статті дається обґрунтування процесу випару полідисперсних крапель струменетворних пристроїв вентиляторних обприскувачів від первинних розмірів до розмірів у момент осадження. Змодельований процес польоту часток робочої рідини вентиляторних обприскувачів. Обґрунтовані параметри розпилюючого органу вентиляторного обприскувача (на прикладі вентиляторних обприскувачів бавовняних ОБХ 28(А) порівняно з ОБХ-14).*

**Ключові слова:** полідисперсні краплі, струменетворні пристрої, вентиляторні обприскувачі, розпилюючий орган.

*В статтє дається обоснование процесса испарения полидисперсных капель струеобразующих устройств вентиляторных опрыскивателей от первоначальных размеров до размеров в момент осаджения. Смоделирован процесс полёта распыливаемых частиц рабочей жидкости вентиляторных опрыскивателей. Обоснованы параметры распыливающего органа вентиляторного опрыскивателя (на примере опрыскивателей вентиляторных хлопковых ОБХ 28(А) в сравнении с ОБХ-14).*

**Ключевые слова:** полидисперсные капли, струеобразующие устройства, вентиляторные опрыскиватели, распыливающий орган.

*In the article the ground of process of evaporation of polydisperse drops of stream forming devices of fan sprinklers is given (from primary sizes to the sizes in the moment of besieging). The process of flight of spray particles of working liquid of fan sprinklers is modeled. The parameters of spray element of fan sprinkler are grounded (on the example of fan sprinklers for cotton ОБХН 28(А) in comparison with ОВХН-14).*

**Key words:** polydisperse drops, stream forming devices, spray element.

**Постановка проблеми.** В технології распыливания рабочих жидкостей химических препаратов вентиляторными опрыскивателями в борьбе против вредителей и болезней полевых и садовых культур важным параметром является конечная концентрация распыливаемой жидкости, наносимой на листовую поверхность в виде мельчайших капель разных по величине размеров. Концентрация нанесённого препарата зависит от показателей дисперсности распыла, густоты осаджения капель, при этом не всегда учитывается процесс испарения капель при транс-

портировании их воздушным потоком вентилятора, который меняет концентрацию каждой капли рабочей жидкости от момента её образования до осаджения на объект обработки.

**Анализ літератури.** Вопросы исследования процесса распыления рабочих жидкостей вентиляторными опрыскивателями, путей сокращения расхода препаратов при гарантированном действии на объект обработки, дисперсности распыла и густотой осаджения капель занимались учёные Г. Е. Церуашвили и Э. Г. Хачатурян [1], Ю. М. Веретенников и А. И. Чугу-



нов [2], Д. Г. Вайтюк [3], М. И. Штеренталь и др. [4]. Персистентность препарата в окружающей среде отмечены в работах Н. Н. Мельникова [5; 6], Ж. Н. Трублаевича и Б. А. Белоуса [7].

Технология распыливания рабочих жидкостей вентиляторными опрыскивателями исследована в работах Е. Г. Гушина [8], Р. Н. Бекирова [9], М. И. Штеренталь и др. [4; 10; 11].

**Цель статьи** – определить изначальные размеры капель в момент их образования распыливающими устройствами вентиляторных опрыскивателей, основываясь на данных испытаний государственных машинно-испытательных станций (МИС), математически смоделировать процесс полёта (транспортировки) капель в воздушно-капельной струе, обосновать параметры распыливающего органа вентиляторного опрыскивателя.

**Изложение основного материала.** Как отмечают в своих исследованиях Г. Э. Церуашвили и Э. Г. Хачатурян [1], Ю. М. Веретенников и А. И. Чугунов [2], объёмный расход рабочей жидкости не всегда является предпочтительным параметром при сокращении расхода препарата. Для снижения расхода препарата более предпочтительным является исследования по определению оптимальной рабочей концентрации жидкости, не допустив её с целью гарантированного действия препарата на объект обработки.

Искажения происходят по той причине, что не всегда принимают во внимание показатели дисперсности распыла и густоты осаждения, не учитывается также процесс испарения, который существенно меняет концентрацию капли рабочей жидкости за период между моментом образования и осаждения на объект обработки. Это подтверждается и нашими исследованиями [9].

Продолжительность сохранения того или иного препарата во внешней среде обычно называют персистентностью [4; 7; 8], которая зависит как от физических, так и от химических свойств веществ (летучести, стабильности, устойчивости и др.).

Причем летучесть с некоторым приближением характеризуется величиной испаряемости препарата при данной температуре. Известно, что испарение капель чистого вещества в неподвижной атмосфере рассчитывается по формуле Лэнгмюра [8; 9]:

$$-\frac{d_m}{d_k} = 4\pi r D \times \frac{MP_{нас}}{RT}, \quad (1)$$

где  $\frac{d_m}{d_k}$  – скорость испарения со всей капли

(убыль массы капли в секунду), г/с;

$r$  – радиус капли, см;

$D$  – коэффициент диффузии, см<sup>2</sup>/с;

$P_{нас}$  – давление насыщенного пара испаряющегося вещества, мм рт. ст.

$R$  – газовая постоянная;

$T$  – температура, К;

$M$  – молекулярный вес вещества.

Учитывая то, что скорость испарения капель в движущемся воздухе значительно больше и соответственно время «жизни» капли короче, а при опрыскивании вентиляторным опрыскивателем скорость движения воздушного потока достигает 9 м/с [8], а существующие распылители ОВХ-28 и ОВХ-18А имеют полидисперсный состав распыливаемых капель в пределах 0...1000 мкм, правомочно предполагать, что отдельные мельчайшие капли распыливаемой рабочей жидкости, не долетев до объекта обработки, испаряются полностью, о чем говорит значительное повышение предела допустимой концентрации (ПДК) препарата в воздухе [8], при обработке полевых культур.

Другие капли, наложенные на объект обработки, в момент образования и вылета из сопла имели значительно большую массу и размер. Все капли распыленной рабочей жидкости, двигаясь в воздушно-капельной струе вентиляторного опрыскивателя с большой скоростью, имеют убыль по массе, а следовательно, и по размеру.

По данным МИС, имеем медиально-массовые диаметры (ММД) наложенных капель: минимальные – 50 мкм, средние – 160 мкм, крупные – до 800 мкм, при температуре окружающего воздуха – 35°С, среднее расстояние полёта капель – 10 м, состав рабочей жидкости: 95% и более – вода и до 5% – препарат, рабочее давление при выходе струи из насадков (наконечников) – 5кПа.

Размер капель в момент вылета из сопла – 50 мкм, первоначальная величина – 450 мкм; с момента вылета до момента наложения на объект произошло уменьшение в массе почти в 20 раз и по размеру в 6 раз; средние наложенные капли 160 мкм имели первоначальную величину в пределах 600...700, убыль массы капли с момента вылета до момента наложения составляет в шесть раз, а уменьшение размера – в 3,8 раза; крупные капли до 800 мкм имели первоначальную величину до 1000 мкм, убыль массы капли с момента вылета до момента наложения составляет 1,2 раза, а уменьшение размера – 1,5 раз.

Известно, что в спектре капель полидисперсного состава 0...1000 мкм более 65% составляет капли размерами до 35 мкм и менее, хотя они в общем объёме распыленной жидкости составляют не более 5% объёма распылен-

ной жидкости. Следовательно, этот спектр капель, не долетая до объекта обработки испаряется в воздухе, чем и повышается предельно допустимая концентрация, потеря рабочей жидкости составляет до 5%.

При распыливании рабочей жидкости пре-паратов вентиляторным опрыскивателем и на-ложении воздушно-капельной струи на обра-тываемый объект распыливаемые частицы пре-парата под действием сил тяжести и аэродина-мического сопротивления воздушной среды приобретают определённую траекторию и рас-пределяются на заданное расстояние.

Из схемы сил (рис. 1), действующих на ле-тящую под действием воздушного потока вен-тилятора частицу массой  $m$ , составили диффе-ренциальные уравнения движения этой частицы:

$$\begin{aligned} m \frac{dv_x}{dt} &= -C_x \frac{dx}{dt} d^2 x \rho v; \\ m \frac{dv_y}{dt} &= -mg \pm C_x \frac{dz}{dt} d^2 x \rho v; \\ m \frac{dv_z}{dt} &= -C_x \frac{dz}{dt} d^2 x \rho v, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $d_x, d_y, d_z$  – скорость частицы по осям коорди-нат, м/с;

$C$  – коэффициент сопротивления частицы, ус-ловно принятой в форме шара;

$\rho$  – плотность сопротивляющейся воздушной среды, Н/м<sup>2</sup>.

Граничным условием приняли критерий Рейнольдса:

$$C_x = f\left(\frac{1}{R_e}\right).$$

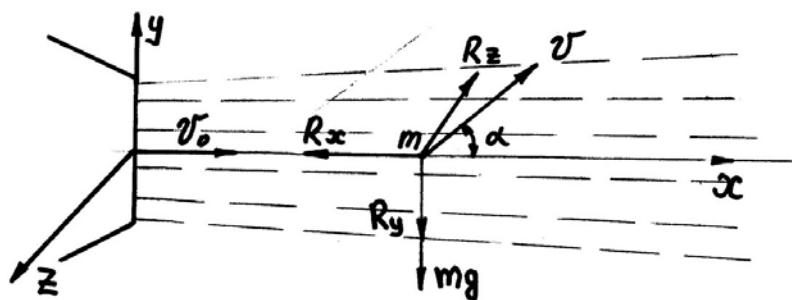


Рис. 1. Схема сил, действующих на летящую частицу препарата массой  $m$  в воздушной среде.

С помощью равенств дифференциальные уравнения привели к безразмерному виду:

$$\frac{m_0 v_0}{t_0} = \frac{x_0 d_0^2}{t_0} \rho_0 v_0 = \frac{y_0 d_0^2}{t_0} \rho_0 v_0 = \frac{z_0 d_0^2}{t_0} \rho_0 v_0 = m_0 g_0 \quad (3)$$

Аналогичным образом определили число независимых уравнений.

В качестве произвольных масштабов выбра-ли значения параметров, существенных для рас-считываемой задачи и определили все осталь-ные масштабы.

$$v_0 = (d_0 g)^{-\frac{1}{2}}; t = \left(\frac{d_0}{g}\right)^{-\frac{1}{2}}; g_0 = \frac{m}{d_0^3}; C_0 = \frac{v}{v d_0} \quad (4)$$

$$\text{Отсюда } \frac{v}{(d_0 g)^{-\frac{1}{2}}} = F_v \left( \frac{d}{d_0}; \frac{v d_0}{\gamma} \right), \quad (5)$$

где  $\frac{v d_0}{\gamma} = R_e$  – критерий Рейнольдса;

$\gamma$  – коэффициент кинематической вязкости сре-ды м<sup>2</sup>/с.

Приняв геометрическое подобие частиц препарата в производственных и моделируемых условиях

$$\left(\frac{d}{d_0}\right)_\Pi = \left(\frac{d}{d_0}\right)_M,$$

можно выполнить условия:

$$\begin{aligned} \left(\frac{v}{(d_0 g)^{\frac{1}{2}}}\right)_\Pi &= \left(\frac{v}{(d_0 g)^{\frac{1}{2}}}\right)_M \\ \left(\frac{v d_0}{\gamma}\right)_\Pi &= \left(\frac{v d_0}{\gamma}\right)_M. \end{aligned} \quad (6)$$

Следовательно, при моделировании полёта распыливаемых частиц рабочей жидкости пре-парата в сопротивляющейся воздушной среде необходимо и достаточно выполнить геометри-ческое подобие частиц препарата, сил инерции в системе (критерий Фруда) и подобие числа Рей-нольдса.

Анализ параметров опрыскивателя хлопко-вого ОВХ-28(А) в сравнении с предшествующей конструкцией опрыскивателя ОВХ-14, имевше-го более равномерное наложение капель воз-душно-капельной струи на объект обработки при опрыскивании колебательным рабочим ор-ганом в обе стороны от линии хода трактора по-казал более высокие параметры у ОВХ-28, чем у

ОВХ-14. За основу брали теорию геометрического подобия. При этом выявили, что скорость воздушного потока на выходе из сопла у опрыскивателя ОВХ-28 больше чем в 3 раза, а скоростной напор воздушного потока в 10 раз меньше, чем у опрыскивателя ОВХ-14.

Площадь поперечного сечения сопла распыливающего органа ОВХ-28 почти в 20 раз больше, чем у ОВХ-14, вследствие чего и идёт снижение скоростного напора у опрыскивателя ОВХ-28.

Зная скорость воздушного потока для дробления жидкости на мелкие капли 50–70 м/с и воздушно-капельной струи в межкустовое пространство – около 9 м/с для серийного опрыскивателя ОВХ-28 (с центробежным вентилятором сдвоенным типа Ц-55% 500), рассчитали необходимую площадь сечения сопла. При существующих характеристиках вентилятора сечение сопла должна быть не более 1000 см<sup>2</sup>, тогда как у серийных ОВХ-28 и ОВХ-28А соответственно в 1,5 и 1,6 раза больше требуемого.

#### **Выводы.**

1. По данным МИС, медианно-массовые диаметры наложенных капель составляют: минимальные – 50 мкм, средние – 160 мкм, крупные – до 800 мкм.

2. При температуре окружающего воздуха 35°C, среднем расстоянии полёта капель 10 м, составе рабочей жидкости 95% и более – вода и до 5% – химпрепарат, рабочем давлении при выходе струи из струеобразующего устройства 5 кПа расчётным путём определили, что наложенные на объект капли размерами:

- 50 мкм имели первоначальную величину 450 мкм;
- 160 мкм (средние) имели первоначальную величину в пределах 600...700 мкм;
- 800 мкм (крупные) имели первоначальную величину до 100 мкм.

3. В спектре капель полидисперсного состава 0...1000 мкм более 65% составляют капли до 35 мкм и менее, хотя они в общем объёме распыленной жидкости представляют по объёму не более 5% от общего объёма распыленной жидкости. Этот спектр капель, не долетая до объекта обработки, испаряется в воздухе, что повышает предельно допустимую концентрацию (ПДК), и потери рабочей жидкости составляют до 5%. Это явление не желательно и с точки зрения нарушения экологии и загрязнения окружающей среды за счёт уноса ветром.

4. При моделировании полёта распыливаемых частиц (капель) рабочей жидкости препарата в сопротивляющейся воздушной среде необходимо и достаточно применить геометрическое

подобие частиц препарата, сил инерции в системе Критерий Фруда и Критерий числа Рейнольдса.

5. Для обеспечения процесса дробления рабочей жидкости, скорости воздушного потока в пределах 50...70 м/с, скорости вхождения воздушно-капельной струи в межкустовое пространство до 9 м/с сечение сопла вентиляторного опрыскивателя должно быть не более 0,1 м<sup>2</sup> (1000 см<sup>2</sup>), при комплектowaniu опрыскивателя центробежным вентилятором сдвоенного типа Ц-55/500.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Церуашвили Г. Е. Пестициды: на пути к сокращению расхода / Г. Е. Церуашвили, Э. Г. Хачатурян // Защита растений. – 1991, № 10. – С. 24.
2. Веретенников Ю. М. Некоторые вариации вокруг коэффициента вариации / Ю. М. Веретенников, А. И. Чугунов // Защита растений. – 1991. – № 3. – С. 13.
3. Войтюк Д. Г. Исследование технологического процесса распыла и транспортировки капель жидких ядохимикатов воздушным потоком : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Д. Г. Войтюк. – К., 1986. – 24 с.
4. Бекиров Р. Н. Как добиться равномерного распыла / Р. Н. Бекиров // Хлопок. – 1991. – № 5. – С. 34–37.
5. Штеренталь М. М. Определение размера капель при полевых испытаниях ультрамалообъёмных опрыскивателей / М. М. Штеренталь, Г. П. Чернобай, Б. В. Коцовский // Тракторы и сельхозмашины. – 1983. – № 9. – С. 22–23.
6. Трублаевич Ж. Н. Перистентность ГХЦГ в почве / Ж. Н. Трублаевич, Б. А. Белоус // Защита растений. – 1989. – № 7. – С. 30–34.
7. Гушин Е. Г. Исследование технологического процесса малообъёмного опрыскивания хлопчатника с целью оптимизации режимных и конструктивных параметров струеобразующего устройства вентиляторного опрыскивателя : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Е. Г. Гушин. – Ташкент, 1978. – 24 с.
8. Мельников Н. Н. О риске применения пестицидов / Н. Н. Мельников // Защита растений. – 1991. – № 9. – С. 12–13.
9. Мельников Н. Н. Химия пестицидов / Н. Н. Мельников. – М. : Химия, 1968. – 223 с.
10. Применение методов физического моделирования и математического планирования экспериментов к исследованию рабочих органов машин для внесения агрохимпрепаратов / [П. М. Марченко и др.]. – М. : Колос, 1974. – 108 с.
11. Дмитрачков В. П. Исследование пневматического распылителя для малообъёмного внесения рабочих жидкостей пестицидов : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / В. П. Дмитрачков. – Минск, 1970. – 24 с.