

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ В БОРЬБЕ С СОРНЯКАМИ

*В. Н. Топорков, В. А. Королев, кандидаты технических наук  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
электрификации сельского хозяйства», г. Москва, Россия  
e-mail: [gnuvieshinfo@yandex.ru](mailto:gnuvieshinfo@yandex.ru)*

*Аннотация. Проведен анализ последних исследований в области использования электрической энергии для уничтожения сорняков и разработке агрегатов на этой основе. Предложена экологически чистая технология и технологическая схема борьбы с сорной растительностью с использованием электрических импульсов высокого напряжения. Приведены результаты исследований по воздействию высоковольтных кистевых разрядов в почве на провокацию прорастания семян сорняков, находящихся в пахотном слое. Обоснованы оптимальные электрические параметры и режимы работы установок для электроимпульсного уничтожения сорной растительности.*

*Ключевые слова: сорные растения, технологическая схема уничтожения сорняков, импульсы высокого напряжения, степень повреждения сорняков, экологически чистая продукция*

Одной из важнейших народнохозяйственных задач является увеличение производства сельскохозяйственной продукции, что невозможно осуществить без применения эффективных мер борьбы с сорняками. Традиционным мерам свойственны существенные недостатки: агротехнические (механические) – не обеспечивают уничтожение сорняков, находящихся в рядках и переросших культурные растения. Кроме того, интенсивная обработка почвы, которая проводится для уничтожения сорных растений, приводит к ряду нежелательных последствий: распылению почвы, усилению эрозии, распаду почвенного гумуса, ухудшению водного, воздушного и пищевого режима культурных растений.

Поэтому возникает необходимость использовать гербициды, которые при незначительных трудозатратах обеспечивают высокую эффективность уничтожения сорняков. Однако недостаточная их избирательность, высокая токсичность для полезной микрофлоры почвы, накопление их в воздухе, водоемах, культурных растениях заставляет пересмотреть широкое применение гербицидов

К числу перспективных методов уничтожения сорняков без загрязнения окружающей среды относятся электрофизические методы, предусматривающие воздействия на структуры растений на клеточном уровне электроэнергией высокого напряжения.

Развитие методов борьбы с сорными растениями на основе электротехнологий позволит эффективно использовать и внедрять в сельскохозяйственное производство электрическую энергию переменных и импульсных токов высокого напряжения. В России и ряде других стран мира разрабатываются опытные и промышленные образцы электропропольщиков, использующие электрическую энергию для уничтожения сорной растительности. Зарубежные агрегаты основаны на использовании переменного однофазного тока высокого напряжения и предназначены для борьбы с сорняками на полях с малой засорённости.

Наиболее известна фирма “Lasco” США, которая разработала многочисленные модификации агрегатов мощностью от 15 Вт (для уничтожения сорняков) до 220 кВт (для уничтожения деревьев). Одним из первых, серийно выпускаемых этой фирмой, электропропольщиков LW-5 прошел испытания в Бельгии и США на посевах сахарной свеклы до ее цветения и показал высокую эффективность. Уничтожение сорняков находилось в пределах 93,7-97 % при засоренности поля 5000 сорняков на 1 га. Испытания LW-5 на полях с засорённости  $(5-8) \cdot 10^6$  сорняков на 1 га (что соответствует засоренности полей в нашей стране), показали неудовлетворительные результаты. Уничтожение сорняков в зоне обработки, составляло не более 33-39 %, что не соответствует агротехническим нормам. При такой засоренности полей мощности электропропольщика LW-5, было недостаточно, из-за большой энергоемкости процесса (теплового механизма воздействия). Поэтому в нашей стране были начаты исследования и разработки электроразрядных культиваторов, позволяющих снизить энергоемкость и повысить эффективность уничтожения сорных растений.

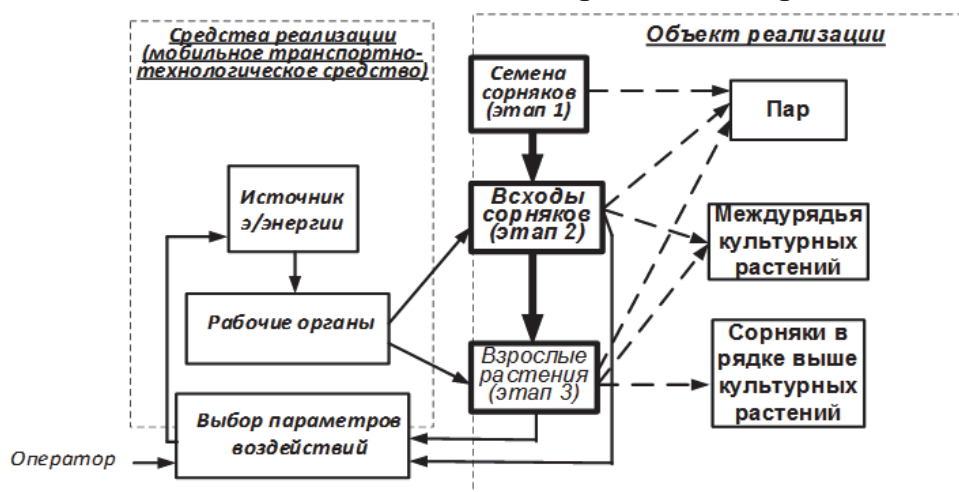
**Цель исследований** - использование импульсов высокого напряжения для борьбы с сорняками, разработка технологической схемы уничтожения сорных растений и требований к параметрам и конструкции электрокультиватора.

**Материалы и методика исследований.** В ФГБНУ ВИЭСХ в течение ряда лет проводились теоретические, лабораторные и полевые исследования возможности использования импульсов высокого напряжения для борьбы с сорняками. Преимущество импульсной электрообработки заключается в снижении энергоемкости процесса за счет иного (не теплового) механизма воздействия на растительную ткань. Использование предлагаемой технологии позволяет решать следующие задачи: сокращение потенциального запаса находящихся в почве семян сорных растений при предпосевной и паровой обработке почвы и истребление всходов и взрослых сорных растений.

Технология борьбы с сорняками с использованием электрических импульсов тока высокого напряжения предполагает три этапа:

- воздействие на семена сорных растений, находящихся в пахотном слое почвы, с целью их угнетения или “провокации” прорастания;
- истребление всходов сорных растений;
- истребление взрослых сорных растений.

Предлагаемая технологическая схема приведена на рис.1.



**Рис. 1. Технологическая схема уничтожения сорняков**

Первый этап технологии применяется после уборки урожая или весной до посева культурных растений и предусматривает очистку почвы от семян сорняков, находящихся в пахотном слое. При этом возможны два режима: стимуляция и угнетение семян сорняков. Режим угнетения энергоёмок и вряд ли найдёт практическое применение. Режим стимуляции требует значительно меньших затрат энергии и направлен на “провокацию” прорастания семян сорняков, с последующим их уничтожением перед посадкой основных культур любым традиционным, наиболее удобным и менее затратным способом. Этот метод хорошо управляем, не опасен для природы.

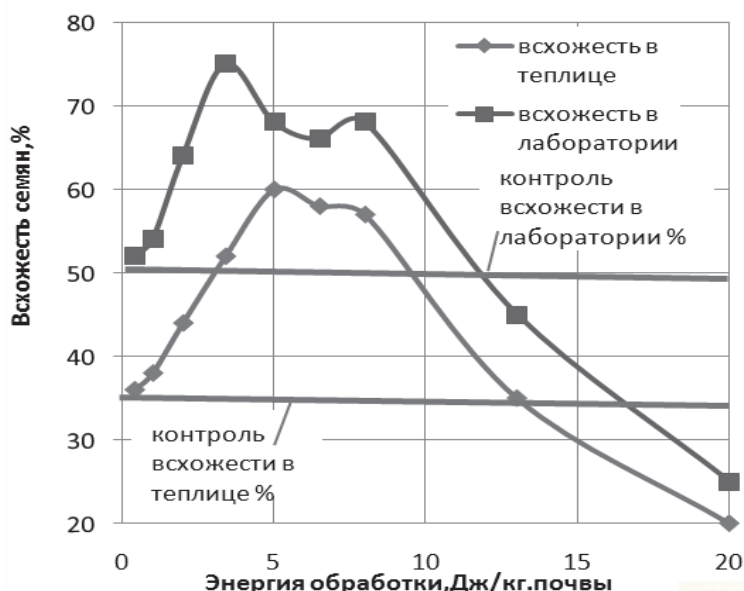
При разнообразных физических воздействиях происходит стимуляция или угнетение семян сорняков. Однако не все воздействия могут быть применены к обработке семян, находящихся в пахотном слое почвы. Поэтому желательно найти такой способ, который бы сочетал в себе достоинства всех или большинства электрофизических методов и позволял бы обрабатывать разные виды семян сорных растений, находящихся в пахотном слое почвы в различных физиологических состояниях. В этом случае для требуемого на них воздействия необходим широкий спектр энергий как по амплитуде, так и частоте. Этим условиям в наибольшей степени отвечает импульсный высоковольтный кистевой разряд, при котором действует на семена не один фактор, а смесь различных факторов, имеющих широкий спектр воздействий, позволяющий оказывать воздействие на разные виды семян в различных их состояниях.

Исследование влияния электрообработки кистевым разрядом на стимуляцию прорастания семян сорняков в пахотном слое почвы и определения предварительных электрических параметров обработки проводились в лабораторных условиях с использованием разработанного генератора импульсов с выходным напряжением 10-30 кВ и энергией в импульсе 0,34, 2,4 и

10 Дж. Изменяемыми факторами были: расстояния между электродами (30 и 15 см.), энергия импульса (0,34 – 2,4) Дж и количество импульсов (4, 8 и 16 имп.).

**Результаты исследований.** Предварительные исследования показали, что наибольшее влияние на всхожесть семян при градиенте напряжения между электродами 1,0 кВ/см, оказывает энергия обработки почвы.

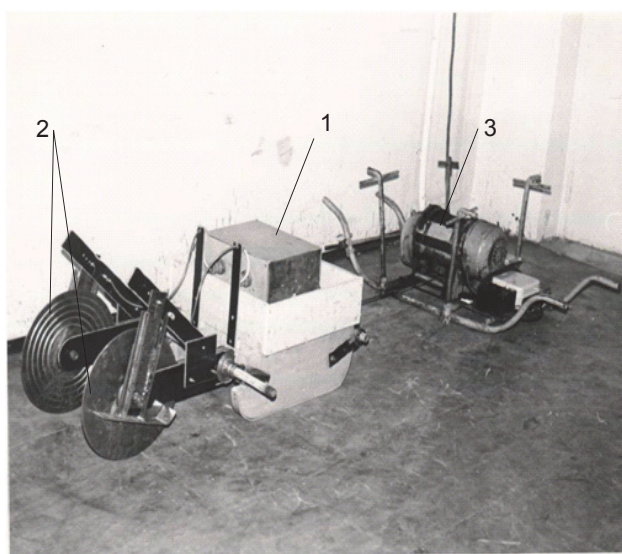
Влияние энергии обработки почвы, с посеянными в ней семенами сорго в лабораторных условиях и в теплице, на их всхожесть приведено на рис. 2. Результаты исследований показали, что характер зависимости всхожести семян сорняков от энергии обработки в лабораторных условиях совпадает с полевыми, поэтому на этих же режимах были проведены эксперименты электрообработки на всхожесть семян сорняков в пахотном слое почвы с естественным запасом семян сорняков с использованием изготовленного макета установки (рис.3).



**Рис. 2. Влияние энергии обработки почвы, с посеянными в ней семенами сорго в лабораторных и полевых условиях**

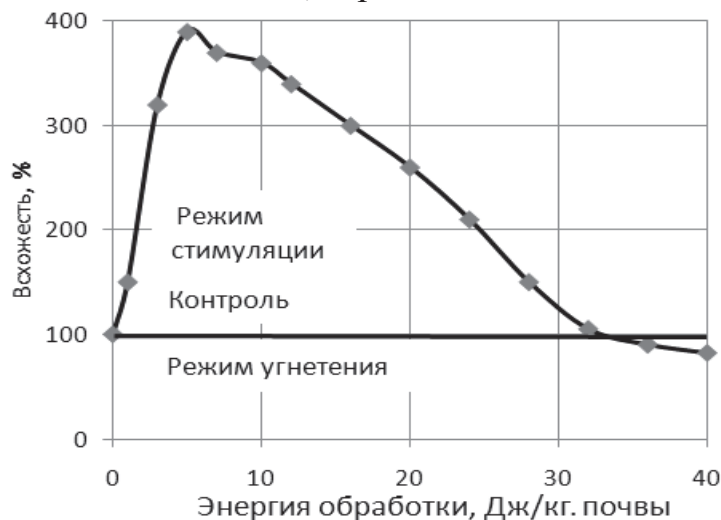
**Рис. 3. Макет установки для исследования влияния энергии обработки почвы:**

1 – высоковольтный импульсный источник питания; 2 – рабочие органы; 3 – лебедка



Влияние энергии обработки почвы с естественным запасом сорняков на их всхожесть показано на рис. 4.

Из рисунка видно, что при энергии обработки почвы 5,0 Дж/кг, всхожесть естественных запасов сорняков в пахотном слое увеличилась в среднем в 4 раза по сравнению с контролем. При дальнейшем увеличении энергии обработки разница всхожести между контролем и обработанными семенами сорняков сокращается и при энергии обработки почвы более 32 Дж/кг наблюдается режим угнетения всхожести семян, обработанных в пахотном слое почвы.

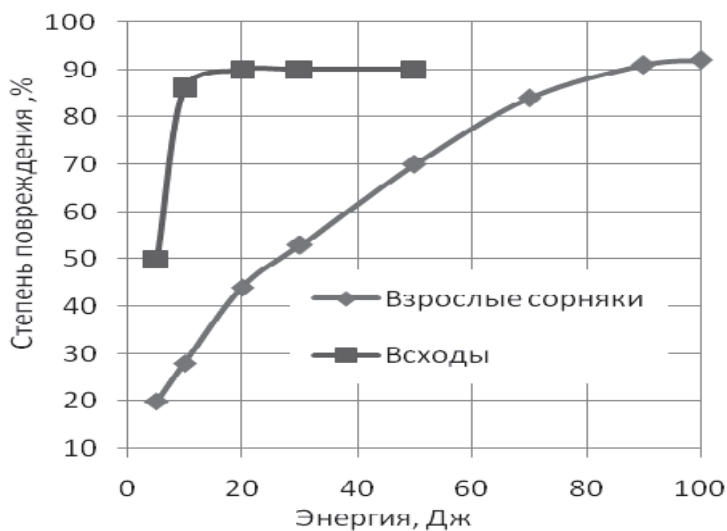


**Рис. 4. Зависимость всхожести семян сорняков, находящихся в пахотном слое почвы, от энергии обработки**

Второй этап технологии борьбы с сорными растениями заключается в уничтожении всходов сорных растений. С точки зрения энергоёмкости процесса, целесообразнее уничтожать всходы сорняков. Проведённые исследования показали, что для 3-4х недельных всходов требуется значительно меньше напряжение и мощность импульса. Всходы сорняков целесообразно уничтожать в междурядьях культурных растений и при обработке пара.

В третий этап технологической схемы входит уничтожение взрослых сорных растений находящихся в междурядьях культурных растений, на паровых полях, а также расположенных выше культурных растений в рядах.

Влияние воздействующей энергии на степень повреждения сорняков показано на рис .5



**Рис. 5 Зависимость степени повреждения сорняков от воздействующей энергии**

Из рис. 5 видно, что для уничтожения всходов требуется не более 10-20 Дж, при этом степень повреждения достигает 90 %. Для уничтожения всходов напряжение должно быть не выше 10-15 кВ. При его дальнейшем увеличении происходит перекрытие всходов сорняков по поверхности, т.е. шунтирование каналом разряда, что увеличивает энергоёмкость процесса ввиду больших непроизводительных потерь энергии. Для истребления взрослых (1,5-2-х месячных) сорняков требуется не менее 100 Дж и более высокое напряжение, однако при работе в полевых условиях с токоведущих частей электрокультивателя при  $U=30-35$  кВ и выше начинается коронирование и непредвиденные пробой, поэтому для уничтожения взрослых сорняков использовалось напряжение не выше 30 кВ.

*Разработка опытного образца электрокультивателя*

Проведённые исследования и анализ существующих электрокультивателей для борьбы с сорняками с использованием электрической энергии позволили сформулировать требования к их параметрам.

В ФГБНУ ВИЭСХ совместно с Брянской ГСХА был разработан и на заводе БОЗ «Эталон» (г.Брянск) изготовлен высоковольтный импульсный культиватор, истребляющий сорняки с помощью электрических импульсов [1].

Конструктивно (рис.6) он выполнен с размещением основных узлов на передней и задней подвесках трактора МТЗ-82 и состоит из трехфазного синхронного генератора переменного тока на выходное напряжение 230/400 В, 400 Гц, мощностью 20 кВА/16 кВт; высоковольтного импульсного источника питания; системы управления, контроля и защиты; навесных фронтальных рабочих органов; подвески генератора.



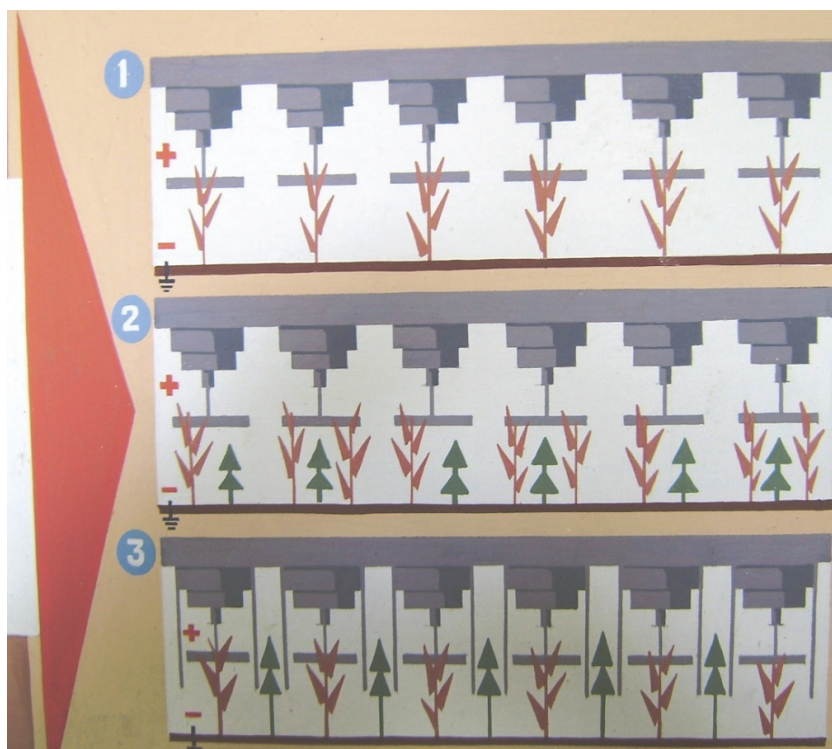
**Рис. 6. Электрокультиватель  
(вид спереди)**

В состав электрокультивателя входят: силовой энергетический блок, установленный на задней подвеске трактора, высоковольтный модульный источник питания и рабочие органы, представляющие собой раму с изоляторами с закрепленными на них контактными электродами (металлическими прутками), которые соединены специальным кабелем с

высоковольтным источником питания. Рабочие органы снабжены сошниками для копирования рельефа почвы и установки высоты контактных электродов.

Высоковольтный источник питания обеспечивает на выходе следующие показатели: напряжение 10–30 кВ; частоту следования разрядов 800–1200 Гц; фронт импульса – не более 0,5–1 мкс; длительность импульса 50–100 мкс; энергия в импульсе – 0,4–10 Дж.

Различные варианты установки контактных электродов приведены на рис .7



**Рис. 7. Способы установки электродов для уничтожения сорняков:**

1 – сплошное уничтожение сорняков; 2 – уничтожение сорняков в рядке выше культурных растений; 3 – уничтожение сорняков в междурядьях культурных растений

Для уничтожения сорняков в рядках оператор устанавливает высоковольтные электроды таким образом, чтобы они находились над верхушками культурных растений, а сорняки, находящиеся выше, будут касаться электродов и поражаться электрическим током.

При прополке междурядий электроды располагаются над землей на уровне самых низких сорняков, а от рядков культурных растений электроды отделяются изоляционными щитами. Возможно применение электрокультиватора и для уничтожения сорных растений при обработке пара. Производственные испытания импульсного культиватора показали высокую эффективность его работы. Уничтожение сорняков, не достигших фазы старения, составило 93,5–96,4 %.

**Выводы.** Разработанная технология позволяет:

– проводить эффективную борьбу с сорной растительностью с использованием электрических импульсов высокого напряжения;

- избежать нежелательных последствий механической обработки почвы при уничтожении сорняков (распыления почвы, усиления эрозии, распада почвенного гумуса и т.д.);
- уничтожать сорные растения, переросшие культурные растения в рядках, что невозможно при механических методах борьбы с сорняками;
- исключить применение гербицидов и получить экологически чистую продукцию.

#### Список литературы

1. Топорков В.Н. Разработка и испытание высоковольтного импульсного культиватора для уничтожения сорной растительности / В.Н.Топорков // Экология и сельскохозяйственные технологии: агроинженерные решения. Т.3 Экологические аспекты производства продукции животноводства; энергообеспечение и информационные технологии в сельском хозяйстве: Материалы 7-й международной научно-практической конференции. – СПб. : ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2011. – С. 255–260.

### ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ В БОРОТЬБІ З БУР'ЯНАМИ

*В.Н. Топорков, В.А. Корольов*

*Анотація. Проведено аналіз останніх досліджень в галузі використання електричної енергії для знищення бур'янів та розробки агрегатів на цій основі. Запропонована екологічно чиста технологія і технологічна схема боротьби з бур'янистою рослинністю з використанням електричних імпульсів високої напруги. Наведено результати досліджень із впливу високовольтних кистьових розрядів у ґрунті на провокацію проростання насіння бур'янів, що знаходяться в орному шарі. Обґрунтовано оптимальні електричні параметри і режими роботи установок для електроімпульсного знищення бур'янів.*

**Ключові слова:** *бур'яни, технологічна схема знищення бур'янів, імпульси високої напруги, ступінь пошкодження бур'янів, екологічно чиста продукція*

### THE ELECTRIC ENERGY IN FIGHT WITH WEEDS

*V. Toporkov, V. Korolev*

*Annotation. The analysis of the last studies in the field of use the electric energy for deleting weed and development unit on this base is organized. ecological clean technology and technological scheme of the fight with rubbish vegetation with use electric pulse high power is offered. Results of the studies on influence high-tension кистевых category in ground on provocation of the germination семян weed residing in arable layer are brought. Optimum electric parameters and state of working installation for электроімпульсного of the destruction to rubbish vegetation are motivated.*

**Key words:** *rubbish plants, technological scheme of the destruction weed, pulses of high power, degree of the damage weed, ecological clean product*