

МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА № 21  
ИМЕНИ ЛЕТЧИКА ИГОРЯ ЩИПАНОВА СТАНИЦЫ ЯСЕНСКОЙ  
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЕЙСКИЙ РАЙОН

Региональный этап Всероссийского конкурса юных исследователей  
окружающей среды имени Б.В.Всесвятского

Секция: Зеленая инженерия

**Создание экономичной установки для укоренения черенков**

Выполнил: Слобожанинов Лев Леонидович, 8 класс  
МБОУ СОШ №21 ст. Ясенской,

Научные руководители: Габова Ольга Николаевна  
кандидат биологических наук,  
педагог дополнительного образования  
Центра Точка роста ст. Ясенская

Фандеева Анна Константиновна,  
кандидат философских наук,  
педагог дополнительного образования  
Центра Точка роста ст. Ясенская

Работа выполнена в 2025 г.

Ейск, 2025

## Содержание

Введение	3
Глава 1. Теоретическая часть	4
1.1. Закон Джоуля-Ленца	4
1.2. Теплый пленочный пол	6
1.3. Использование теплого пола в сельском хозяйстве	7
1.4. Укоренение черенков винограда	8
1.4.1. Подготовка черенков к укоренению	8
1.4.2. Методы укоренения	9
Глава 2. Практическая часть	10
2.1. Материал и методика эксперимента	10
2.2. План работы	11
2.3. Плюсы подземного подогрева	14
2.4. Расчет количества теплоты и стоимости работы установки	14
2.5. Себестоимость создания и экономическая эффективность использования установки	17
Выводы	19
Литература и интернет – источники	20

## Введение

Как часто мы говорим, что знания по некоторым предметам, полученным в школе, никогда не пригодятся в жизни... При проведении исследования по созданию установки для укоренения черенков, нам помогли физика и биология.

Физики всегда искали способы практического применения электричества, чувствуя его гигантский потенциал. Первой ступенькой на этом пути стал закон Ома, связавший в один узел основные понятия новой науки. Эксперименты показали, что электричество можно преобразовать в теплоту. Это стало научным прорывом, нужен был только математический аппарат для инженерных расчетов. И вот он найден [1].

Теплые инфракрасные полы давно используются умельцами и в сельском хозяйстве. Такие технологи ощутимо ускоряют рост растений благодаря качественному прогреву их корней. Но какие виды лучше выбрать и можно ли реализовать систему самостоятельно? Кроме того возникает вопрос целесообразности и экономической эффективности данного метода [2].

*Новизна* проекта заключается в том, что мы сконструировали установку для укоренения черенков и использовали ее на практике. Поэтому исследования, проведенные в работе, являются *актуальными и практически значимыми*.

*Объект исследования:* установка для выращивания черенков.

*Предмет исследования:* эффективность использования установки.

*Цель работы:* сконструировать установку для ускорения укоренения черенков и показать ее эффективность.

*Задачи:* 1. Ознакомиться с литературой по теме проекта.

2. Сконструировать установку для выращивания саженцев и заложить эксперимент

3. Провести измерения для расчета количества теплоты

4. Рассчитать стоимость эксплуатации и экономическую эффективность использования установки.

5. Выяснить, для чего нужен нижний подогрев при выращивании чубуков винограда

6. Сделать выводы.

*Гипотеза:* использование пленочного теплого пола экономически выгодно и ускоряет процесс формирования корневой системы

## Глава 1. Теоретическая часть

### 1.1. Закон Джоуля-Ленца

Знание законов и способов использования электричества — необходимый элемент школьного образования. Разберем закон Джоуля-Ленца простыми словами и узнаем, где он применяется в жизни.

Джеймс Джоуль и Эмилий Ленц независимо друг от друга установили опытным путем, что проводник, по которому течет электрический ток, выделяет тепло. И его количество прямо пропорционально квадрату силы тока, его сопротивлению и времени протекания тока. Это, собственно говоря, и есть самое простое определение закона Джоуля-Ленца [1].

Закон Джоуля-Ленца объясняет, почему при подключении обычных электрических приборов, таких как лампочка или чайник, их спирали начинают нагреваться и выделять тепло, в то время как вентилятор, несмотря на подключение к сети, не генерирует теплового излучения.

Этот закон, широко применяемый в электротехнике, формулируется следующим образом: количество теплоты, выделяемое проводником с электрическим током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени его действия.

Формула Джоуля-Ленца выглядит так:

$$Q = I^2 * R * t$$

Закон показывает, что при прохождении тока через проводник, происходит его нагрев. Этот эффект может быть полезным, как в случае с лампами накаливания и сварочным оборудованием, но иногда нежелательным, как, например, при перегреве проводки в зданиях, что может привести к пожару. Поэтому важно контролировать этот тепловой эффект.

Правило было выведено в результате экспериментов двух ученых — Джеймса Прескотта Джоуля (Англия) и Эмилия Христиановича Ленца (Россия), которые работали независимо друг от друга.

Таким образом, открытие получило двойное название.

Итак, кратко о законе Джоуля-Ленца: Нагревание проводника или полупроводника пропорционально его сопротивлению, времени действия тока и квадрату силы тока.

Сопротивление проводника зависит от таких параметров, как длина, площадь сечения и проводимость.

$$R = \rho * l / S, \text{ где}$$

R- сопротивление [Ом]

$\rho$  – удельное сопротивление проводника [Ом\*мм.кв./м]

S-площадь поперечного сечения проводника [мм.кв]

Это позволяет сделать несколько важных выводов:

1. Количество теплоты, выделяемой в проводнике, уменьшается при увеличении площади его сечения;
2. Тепловой эффект снижается при уменьшении длины проводника.

Теперь давайте рассмотрим, как происходит нагрев проводника и как этот процесс соответствует закону Джоуля-Ленца.

Электрический ток представляет собой направленный поток электронов в металлах и поток ионов в электролитах. Проводником называется металл, содержащий множество свободных электронов. Когда проводник подключается к источнику питания, электроны начинают двигаться под воздействием электрического поля. Они сталкиваются с атомами проводника, передавая им свою кинетическую энергию. Чем быстрее движутся заряженные частицы, тем чаще происходят столкновения, и тем больше выделяется энергии, преобразующейся в тепло. Поэтому проводник нагревается.

При высокой силе тока в проводнике проходит множество свободных электронов, что приводит к частым столкновениям. Соответственно, частицы проводника получают много энергии и нагреваются сильнее. Поэтому в законе Джоуля-Ленца говорится, что количество выделяемой теплоты пропорционально квадрату силы тока.

Теперь представим, что мы соединили последовательно два проводника, один из которых имеет большее сечение, чем другой. В проводнике с большим сечением столкновений будет меньше, а значит, выделится и меньше тепла.

Напомним, что удельное сопротивление проводника обратно пропорционально его сечению: чем меньше сечение, тем выше сопротивление и сильнее нагрев.

Так мы снова подтвердили тепловое действие тока в соответствии с законом Джоуля-Ленца.

Уравнение Джоуля-Ленца представляет собой математическое выражение данного закона.

Представим ситуацию, когда электрический ток проходит через определённый участок цепи и вызывает нагрев проводника.

Если при этом отсутствуют механические процессы или химические реакции, требующие энергии, количество теплоты  $Q$ , выделяемое проводником, будет равно работе тока  $A$ :

$$Q = A$$

Работа тока определяется как  $A = IUt$ , где  $I$  - сила тока,  $U$  - напряжение, а  $t$  - время. Таким образом, получаем:

$$Q = Iut$$

Теперь вспомним, что напряжение можно выразить через сопротивление и силу тока:  $U = IR$ . Подставляя это в нашу формулу, мы получаем:

$$Q = Iut = I(IR)t = I^2Rt$$

$$Q = I^2Rt$$

Это уравнение связывает количество теплоты, выделяемое в проводнике, с его сопротивлением — оно известно как интегральная формула закона Джоуля-Ленца.

В случае, когда сила тока неизвестна, но есть данные о напряжении на участке цепи, нам потребуется воспользоваться законом Ома:

$$I = U/R$$

Таким образом, закон Джоуля-Ленца можно записать в дифференциальной форме:

$$Q = (U/R)^2 * R * t$$

$$Q = (U^2 / R) * t$$

Важно отметить, что это уравнение остается верным лишь в условиях, когда вся работа электрического тока преобразуется в тепло, и нет других потребителей энергии.

При расчете используются следующие единицы измерения:

- количество тепла  $Q$  — в Джоулях (Дж);
- сила тока  $I$  — в Амперах (А);
- сопротивление  $R$  — в Омах (Ом);
- время  $t$  — в секундах (с)
- напряжение  $U$  – в Вольтах (В).

Можно выразить количество теплоты через мощность.

$$Q = A$$

Работа электрического тока равна произведению мощности на время

$$A = P * t$$

$$Q = P * t, \text{ где}$$

$P$  – мощность [Вт]

Где и как применяется закон Джоуля-Ленца в жизни?

Нельзя сказать, что каждый человек применяет в жизни этот закон, но его знание позволяет понять, почему, например, соединение проводов электрической цепи в доме должно быть очень надежным. Если контакт плохой, то в этом месте сопротивление будет большим, и место контакта станет нагреваться, что может спровоцировать пожар. Конструкторы используют этот закон для расчета спиралей электронагревательных приборов или элементов предохранителей, которые отключают электричество в случае опасности [1].

Также практическое применение закона Джоуля-Ленца заключается в возможности управления тепловым действием электрического тока путем выбора проводников с тем или иным сопротивлением.

Например, для электрических нагревательных приборов, требующих максимального выделения тепла, выбираются проводники с высоким сопротивлением. Напротив, низкое сопротивление способствует минимальному нагреву проводника при протекании тока. Поэтому на промышленных предприятиях с высокими требованиями к пожарной безопасности для прокладки линий электропередач используют медные кабели. Удельное сопротивление меди сечением 1 мм<sup>2</sup> составляет 0,0175 Ом, в то время как для алюминия — 0,0271 Ом. Это означает, что медь практически не нагревается, что снижает риск возгораний [3].

## 1.2. Теплый пленочный пол

В данной работе в главе 2.4 мы рассчитаем количество теплоты, которое выделяется устройством называемым «Теплый пленочный пол».

Пленочные полы представляют собой электрические системы, отличающиеся достаточно сложными конструктивными особенностями. Теплый пол в виде пленки нередко называют универсальной обогревающей системой, потому что она может даже полностью обогреть маленькую комнату,

в которой отсутствуют радиаторы и другие отопительные приборы. Сама же пленочная конструкция укомплектована особыми углеродосодержащими нагревательными наноэлементами [4].

Углеродсодержащие нагревательные наноэлементы — это устройства, в которых в качестве нагревательного элемента используются материалы на основе углерода, например углеродные волокна или углеродные нанотрубки. Такие элементы обладают уникальными свойствами: высокой электропроводностью, способностью генерировать тепло при воздействии электрического тока, гибкостью и лёгкостью[2]. Вот некоторые виды:

1. Нагревательные волокна из углеродного волокна. Тонкие нити из углерода, которые могут быть разных форм и размеров.
2. Нагревательные кабели — специализированные кабели из углеродных волокон, часто заключённые в изоляционный материал для равномерного распределения тепла.
3. Нагревательные ленты — на основе углеродной ленты.
4. Нагреватели на основе углеродных нанотрубок (УНТ).

Кому-то покажется странным, но один из эффективных вариантов в теплицах – тёплый пол, известный по обогреву жилых помещений.

Такая технология способна ощутимо ускорить рост растений благодаря качественному прогреву их корней. Но какие виды лучше выбрать и можно ли реализовать систему самостоятельно?

На практике обычно используется три вида:

*нагревательный кабель* – его чаще используют для подогрева больших теплиц; *тонкий мат* – состоит из полимерной сетки и зафиксированного на ней греющего кабеля. Подходит для теплиц небольшой площади, например, предназначенные для рассады и проращивания семян; *инфракрасная пленка*. Электричество расходуется экономно, а тепло равномерно распределяется по теплице. Тепловая эффективность пленки ниже, поэтому укладывают ее близко к поверхности (150-200 мм). При садовых работах придется быть аккуратнее, чтобы не повредить пленку.

Электрические нагревательные системы можно монтировать под каждой грядкой или в общих поддонах.

### 1.3.Использование теплого пола в сельском хозяйстве

На рисунках 1,2, взятых из интернет - источников, представлено наглядное использование инфракрасной пленки.

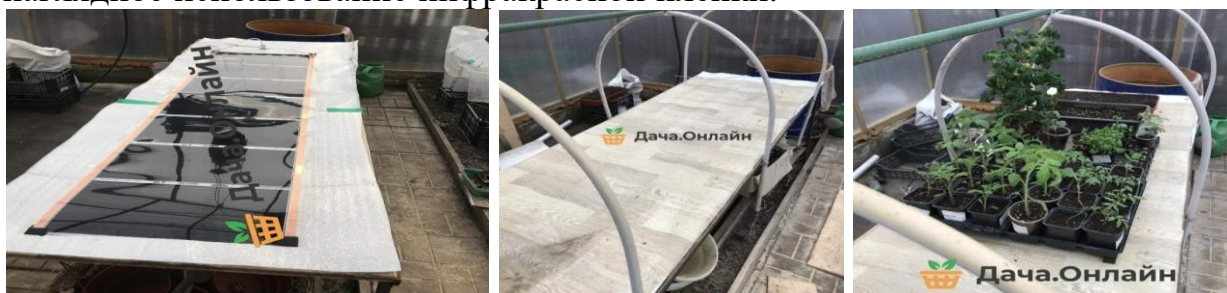


Рисунок 1. Применение пленки для мини-теплички



Рисунок 2. Использование пленки для прогрева грунта и обогрева теплицы

Пленку можно использовать для нагрева грунта и обогрева теплицы. Оказывается, именно инфракрасное излучение дальнего спектра благотворно влияет на растения. Также его используют и в банях, а именно в парилках и это можно получать непосредственно от инфракрасной пленки, так же необходимо отметить безопасность этой пленки и именно поэтому эту пленку можно закапывать и в грунт на глубину до 50 сантиметров. Можно этой пленкой и укрывать растения и сверху и сбоку. По данным некоторых авторов затраты на электроэнергию при энергопотреблении пленки 200 Вт/м<sup>2</sup> и стоимости кВт/ч 4 рубля днем и 2 рубля ночью составляют всего 145 рублей в месяц [5], что очень незначительно. В главе 2 мы рассчитаем свои затраты.

#### 1.4. Укоренение черенков винограда

Так как преобладающей культурой на нашем участке является виноград, в данной работе будем создавать устройство для укоренения его черенков. Далее рассмотрим, как подготавливают черенки.

Укоренение черенков винограда — это ключевой этап в размножении виноградной лозы. При укоренении сохраняются все генетические особенности материнского растения. Это особенно важно для ценных сортов, так как позволяет воспроизводить виноград с желаемыми качествами (вкус, урожайность, устойчивость к болезням). Этот способ размножения не требует значительных финансовых затрат по сравнению с покупкой готовых саженцев.

##### 1.4.1. Подготовка черенков к укоренению

Существует несколько благоприятных периодов черенкования винограда: осенью (в ноябре) — прямо перед периодом покоя, но в этом случае нам придется заложить отрезанные части на хранение; и из глубокого периода покоя.

Перед укоренением нужно замочить лозу в воде примерно на 24 часа. Затем нужно продезинфицировать побег, используя:

перекись водорода — чтобы получить раствор, добавьте 1 столовую ложку 3% раствора аптечного препарата на 1 литр воды;

перманганат калия (марганцовка) — для приготовления дезинфицирующего средства растворите 1 г марганцовки в 100 мл воды;

микробиологические препараты — разводите препараты по инструкции.

После стерилизации нарезают черенки - участки побега с 3-4 почками. Внизу делают косой срез, а сверху прямо над почкой удаляем часть стебля под прямым углом.

Многие садоводы после нарезки черенков проводят ослепление нижних глазков и бороздование. Эти процедуры ускоряют процесс появления корней. Ослепление означает удаление нижней почки, а бороздование – нанесение продольных царапин на нижнюю часть побега (неглубоких, без затрагивания сердцевины). После этого можно приступить непосредственно к укоренению.

#### 1.4.2. Методы укоренения

1. Укоренение в воде с использованием стимуляторы корнеобразования для винограда

*Еще одна проблема при укоренении винограда — медленное образование корней или их полное отсутствие.* Это может быть связано с происхождением виноградной лозы. Некоторые сорта хуже укореняются в воде, и для них лучше использовать другие методы, например, укоренение в грунте.

2. Укоренение в грунте (торфогрунт; перлит/вермикулит; песок)

Важно успеть сделать все манипуляции до первых заморозков. После зимовки в апреле отодвигаем мульчу и оголяем пару верхних почек, чтобы они начали расти.

Укоренение черенков винограда — это возможность сохранить и приумножить ценные сорта, сэкономить ресурсы и получить здоровые, адаптированные растения. *Однако важно помнить, что не все сорта винограда одинаково хорошо укореняются, и в некоторых случаях может потребоваться поэкспериментировать с разными методами*[6].

Лучше брать побеги текущего года, достигшие полуодревесневшего состояния.



Рисунок 3. Черенкование лозы

Идеальное время суток – раннее утро, когда ткани максимально насыщены влагой. Используйте острый, чистый инструмент – секатор или нож. Длина черенка зависит от культуры, но для многих видов оптимальны

10-15 см с 3-4 узлами[7].

Особенно важен подогрев субстрата. Корни образуются быстрее, если температура почвы на 2-5 градусов выше температуры воздуха. Этого можно добиться, разместив емкости с черенками на специальных теплых подоконниках, использовать коврики с подогревом для рассады или просто поставить контейнеры выше – теплый воздух поднимается вверх. Субстрат должен быть влажным, но не мокрым. Полив предпочтителен нижний – погружение контейнера в поддон с водой на некоторое время, пока не увлажнится верхний слой субстрата. Это стимулирует корни тянуться вниз за влагой. Вода должна быть комнатной температуры, отстоянной. Холодная вода – стресс для тканей.

Важно знать: черенок, у которого нет листьев, лучше дает корни в темноте. Для укоренения черенка, у которого остался хоть кусочек листа, необходим свет [8].

## Глава 2. Практическая часть

### 2.1. Материал и методика эксперимента

Исследование проводили в станице Ясенской Ейского района Краснодарского края.

Для создания установки использовали следующие материалы (рис.4): утеплитель пеноплекс, монтажная пена, обрезки провода, клеммы, регулятор температуры Техметр XN-W3001 (для регулирования температуры от -50 до 110 градусов), ПОС - материал для припоя (припой оловянно-свинцовый), инфракрасная пленка для теплого пола Теплософт.

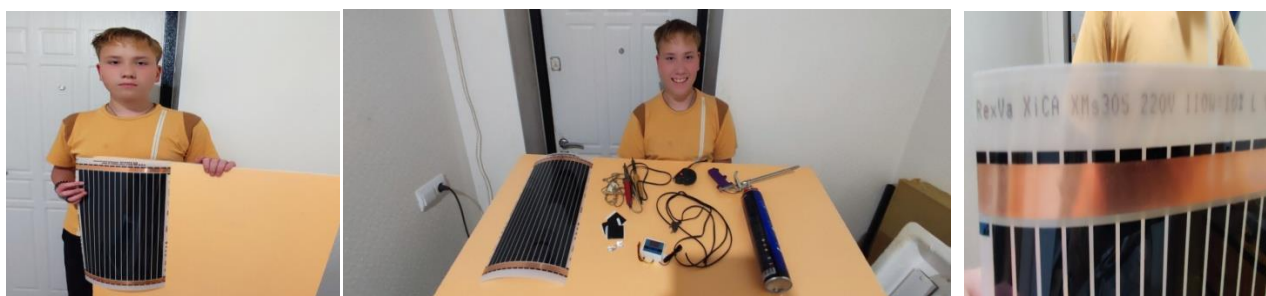


Рисунок 4. Подготовка к созданию установки

Приведем техническое описание используемой пленки (табл.1, рис 4).

Ширина пленки 50 см. Инфракрасная плёнка используется для укладки под линолеум, ламинат, ковролин, паркет. Нагревательные элементы изолированы специальным полиэстером, который дает полную защиту от попадания влаги в электрические узлы системы. Шаг линии отреза – 25 см [9].

Таблица 1. Технические характеристики пленки

Мощность (Вт/м <sup>2</sup> ) 220 (Вт/м) 110	Подходящая модель терморегулятора Любой
Напряжение (В) 220	Длина (м) 1
Терморегулятор Нет	Ширина (м) 0.5
Тип термостата Отсутствует	Толщина (мм) 0.38
Функция саморегулирования Нет	Тип продукта Инфракрасная пленка
Количество жил 0	Состав комплекта Нагревательная плёнка, инструкция
Площадь нагрева (в м <sup>2</sup> ) 0,5	Страна производства Южная Корея
Длина кабеля (м) 0	
Защита от перегрева Нет	

Принцип работы пленки приведен в главе 1.2. К нанесенному углеродному слою пленки подведены два контакта, через которые подается ток. Углеродные нанотрубки обладают высоким сопротивлением, поэтому нагреваются и передают тепло пленке, которая медленно высвобождает его в помещение.

Регулятор температуры Техметр XN-W3001 имеет точность измерения +/- 0,2 градуса, размеры 60\*45\*31 мм.

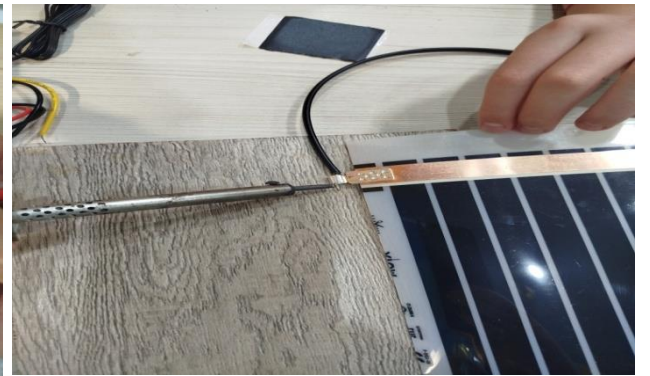
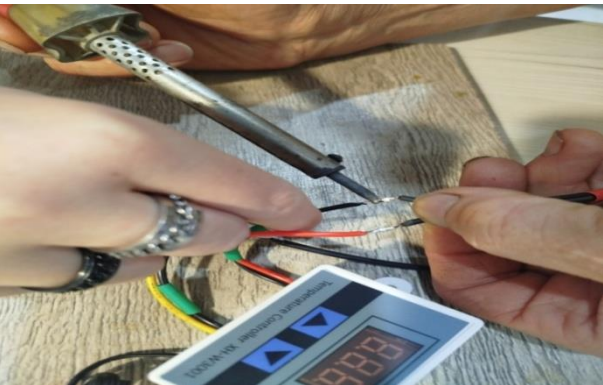
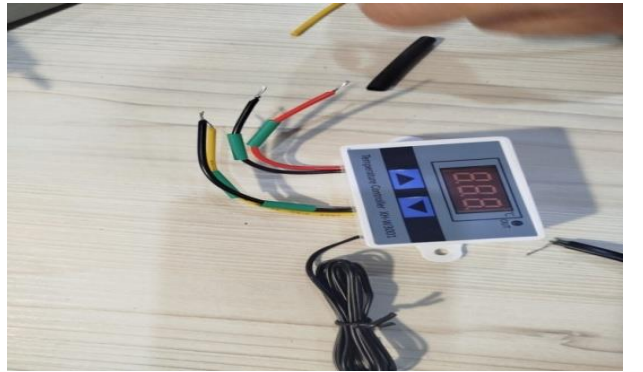
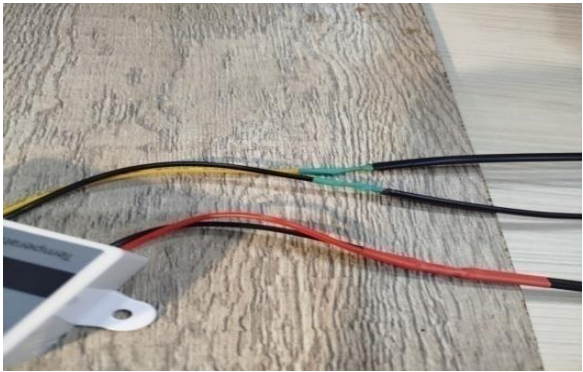
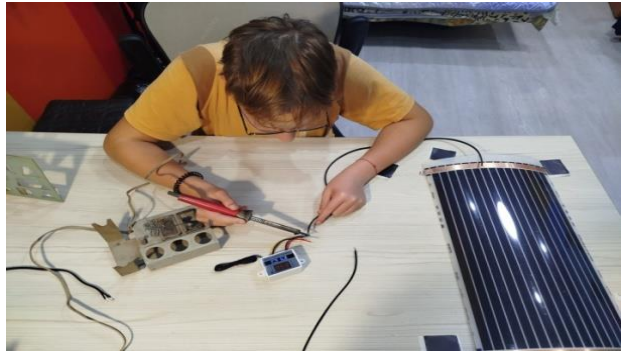
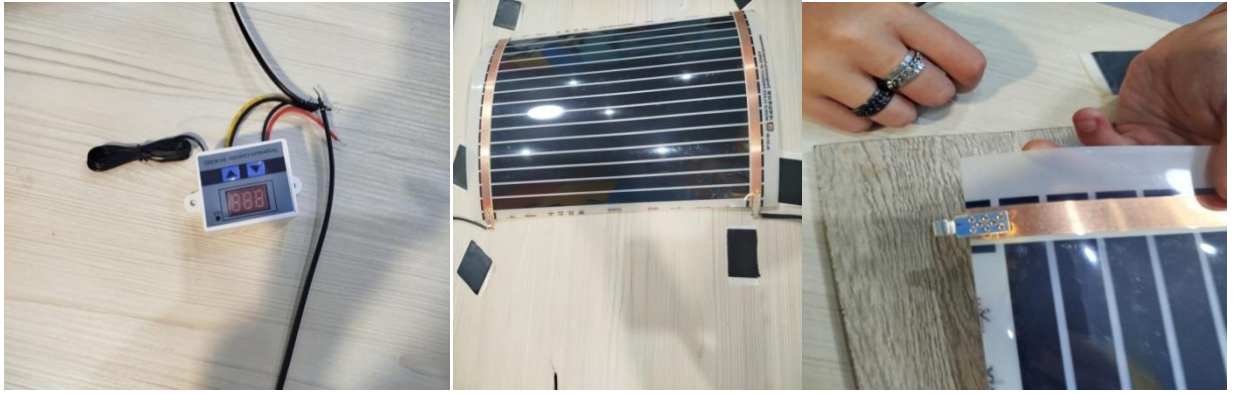
## 2.2. План работы

Составим план работы по созданию нашей установки:

1. Сконструировать короб для растений (рис.5)
  2. Вырезать пленку нужного размера (рис 4)
  3. Подсоединить к пленке электроды (рис 6), изолировать клеммы (рис.7)
  4. Подсоединить регулятор температуры (рис.6)
  5. Установить пороговые значения температуры
  6. Исследовать длительность нагревания и охлаждения на холостом ходу в неотапливаемом помещении.
  7. Повторить опыты, загрузив в короб почву и растения (рис.10).
  8. Заполнить таблицу 2.
  9. Рассчитать количество теплоты, выделяемое системой, зная, что мощность  $P=110$  Вт/м.
  10. Рассчитать себестоимость установки и стоимость эксплуатации.
- Для установки изготовим короб размером  $500*250*150$ мм (исходя из ширины и шага пленки).



Рисунок 5. Изготовление короба



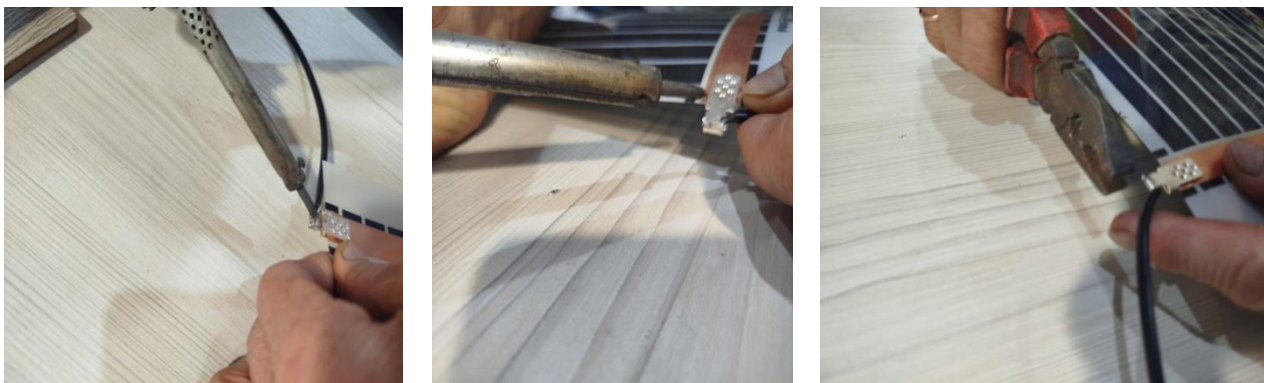


Рисунок 6. Сборка электрической схемы



Рисунок 7. Изоляция клеммы

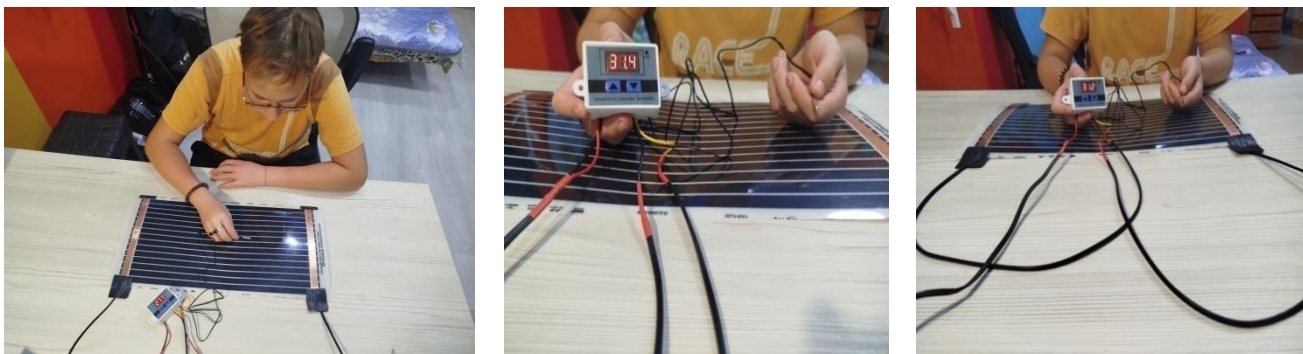


Рисунок 8. Схема готова

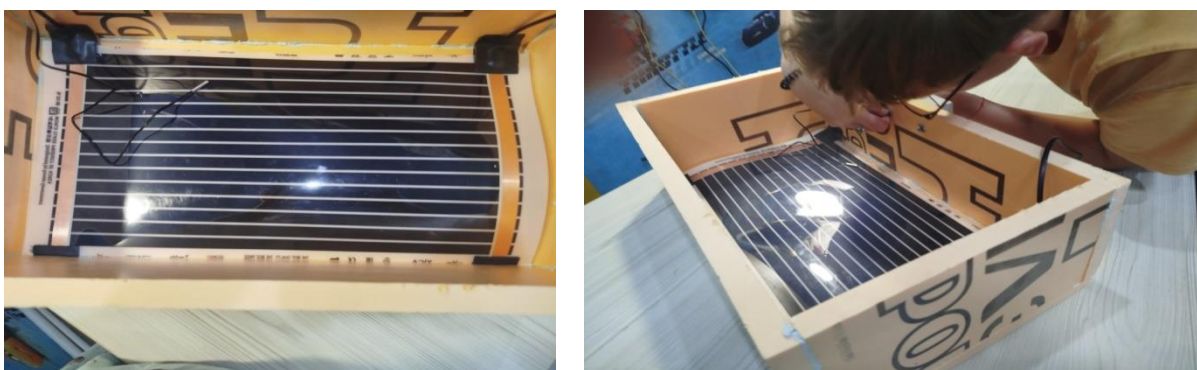


Рисунок 9. Готовое устройство

Далее разберем, для чего нам нужен подземный подогрев.

### 2.3. Плюсы подземного подогрева

Оказывается, по сравнению с наружными источниками тепла (радиаторы, конвекторы, тепловые пушки), подогрев теплым полом дает следующие преимущества:

электричество расходуется экономнее; пространство прогревается быстрее; корни растений не мерзнут благодаря хорошему прогреву грунта; нет ожогов на побегах и листьях; из воздуха не выжигается кислород; воздух теплицы не пересушивается.

Нагрев корней (субстрата) важен для укоренения чубуков (черенков), так как тёплый грунт стимулирует корнеобразование [10].

В нашем случае необходимо укоренить чубуки без появления листьев. Оптимальная температура для корнеобразования винограда составляет 25-28 градусов, а по некоторым данным 28-30 градусов [6]. Естественно, чем выше температура, тем быстрее образуются корни. Установка предназначена для использования зимой - ранней весной.

С помощью терморегулятора мы будем поддерживать постоянную температуру субстрата 24-26 градусов. Учитывая  $T_1$  - время нагрева до 26 градусов, и  $T_2$  - время остывания до 24 градусов. Субстрат должен быть влажным, но не мокрым. Полив нижний – погружение контейнера в поддон с водой на некоторое время, пока не увлажнится верхний слой субстрата. Это стимулирует корни тянуться вниз за влагой. Вода должна быть комнатной температуры, отстоянной. Холодная вода – стресс для тканей.

### 2.4. Расчет количества теплоты и стоимости работы установки

Учитывая мощность  $P$  (Вт) рассчитаем количество теплоты (Дж) и стоимость работы установки в рублях (табл.2).

Таблица 2. Расчет количества теплоты (Дж) и стоимости работы установки (руб) в зависимости от условий

№ опы та	Место проведения	Температура в помещении, $T$ (С)	Время нагрева $t_1$ (с)	Время остывания $t_2$ (с)	Длительность нагрева в час, $t$ (с)	Мощность, $P$ (Вт)	Количество теплоты, выделяемое установкой (Дж)	Стоимость работы установки и в час, $S$ (руб)
На холостом ходу (стационарная установка 1м*0.5м)								
1	Гараж	20	45	150	810	110	94050	0,13
2	Гараж	14	118	88,2	2124	110	233640	0,33
При загрузке грунтом и растениями ( наша установка 0,5м*0,25м)								
1	Гараж	18	61,8	391,8	494,4	27,5	13596	0,02
2	Гараж	14	56	406	448	27,5	12320	0,02

Изначально, опыты проводили на двух установках: на холостом ходу - на стационарной (рис.11) с мощностью нагрева 110Вт, и на опытной - с грунтом (рис.10), с мощностью нагрева 27Вт.

Повторность опыта 3х кратная (в каждом случае трижды засекали время).



Рисунок 10. Загрузка пакетов с грунтом в установку 0,5\*0,25м



Рисунок 11. Стационарная установка 1м\*0.5м для большего количества укореняемых черенков

Стационарная установка у нас используется несколько лет. Опытную же мы сделали для эксперимента, т.к. некоторые культуры укореняются очень долго. Таким образом, маленькая установка нужна для черенков, которые требуют длительного укоренения.

Рассчитаем длительность нагрева. Чтобы рассчитать время  $t$ , нужно засечь время нагрева, далее время остывания. Посчитать сколько раз нагревание повторится за час. Умножить это количество на время нагрева  $t_1$  (табл.2). В часу 3600 секунд.

На холостом ходу при 20 градусах один цикл занимает  $45+150=195$  с.

Разделим 3600 на 195. Получим приблизительно 19. Т.е. 19 раз за час наша установка будет нагревать. 18 раз - остывать.

Таким образом, длительность нагрева за час в первом опыте на холостом ходу  $45*19=855$ с

$Q=A=(P*t)$  (Дж), где

$P=110$  Вт

$Q=110*855=94050$  Дж

Для расчета стоимости электроэнергии, нужно перевести Джоули в кВт\*ч. Для этого нужно разделить количество теплоты в Джоулях на 1000 и на 3600.

$S=5,15*94050/3600000 = 0,13$ (руб)

Во втором опыте при 14 градусах на холостом ходу:

$118+88,2=206,2$  с

$3600/206,2=18$

$18*118=2124$ с- время нагрева за час

$17*88,2=1499,4$  с – время остывания за час

$Q=110*2124=233640$  Дж

$S=5,15*233640/3600000 = 0,33$  (руб)

В первом опыте при загрузке грунтом и растениями ( $T 18^{\circ}\text{C}$ ):

$61,8+391,8=453,6$  с

$3600/453,6=8$

$61,8*8=494,4$  с время нагрева за час

$391,8*7=2742,6$  с время остывания за час

$Q=27,5*494,4=13596$  Дж

$S=5,15*13596/3600000 = 0,02$  (руб)

Во втором опыте при загрузке грунтом и растениями ( $T 14^{\circ}\text{C}$ ):

$56+406=462$ с цикл

$3600/462=8$  циклов нагревания

$56*8=448$ с время нагрева за час

$3600-448/406=8$  циклов остывания

$406*8=3248$ с время остывания за час

$Q=27,7*448 =12320$  Дж

$S=5,15*12320/3600000 = 0,02$  (руб)

Таким образом, анализируя таблицу 2 мы видим, что количество теплоты, выделяемое стационарной установкой на холостом ходу при  $T 14$  градусов в 2,5 раза выше, чем при 20 градусах, а стоимость работы установки в час соответственно 33 и 13 копеек.

При загрузке грунтом разница в количестве выделяемой теплоты незначительная (при 14 градусах - 12320 Дж, при 18 - 13596 Дж), а стоимость работы загруженной установки в обоих случаях всего примерно 2 копейки (данные округлены) в час. В данном случае разница положительных температур незначительная и показания мало отличаются, так как опыт проводился в октябре - ноябре месяце и погода стояла теплая. Обычно закладку черенков на укоренение производят в феврале - марте, когда температура воздуха ниже. Поэтому реальные показатели могут отличаться от опытных.

Рассчитаем стоимость работы установки за час, сутки и 2 недели эксплуатации (табл.3).

Таблица 3. Стоимость работы установки, (руб).

вариант	Стоимость работы установки в час, S1 (руб)	Стоимость работы установки в сутки, S2 (руб)	Стоимость работы установки за 2 недели эксплуатации, S3 (руб)	Стоимость работы установки за 30 дней эксплуатации, S4 (руб)
При загрузке грунтом и растениями (наша установка 0,5м*0,25м)				
Гараж 18	0,02	0,48	6,72	14,4
гараж 14	0,02	0,48	6,72	14,4

Таким образом, в нашем эксперименте стоимость работы установки в сутки составляет 48 копеек, за 2 недели - 6,72 руб, а за месяц - 14,4 руб. Разница температур незначительная, поэтому показания мало отличаются. При 14 и 18 градусах затраты получились одинаковые, ввиду того, что прогретый грунт быстро не остывает.

## 2.5. Себестоимость создания и экономическая эффективность использования установки

Сосчитаем затраты на изготовление установки (табл.4).

Таблица 4. Себестоимость создания установки, руб

№	материал	стоимость единицы продукции, руб	затрачено для создания установки, руб
1	терморегулятор	300р. шт	300
2	пеноплекс	200р. лист	100
3	пленка для теплого пола	330р/м <sup>2</sup>	82,5
4	пена монтажная	300р баллон	10
5	набор клеммы + изолятор	50р	50
6	шуруп	1р	2
7	провод и вилка	б/у	0
	Итого		544,5

Таким образом, на создание установки для укоренения черенков мы потратили 544 рубля. Сопоставим эти затраты с выходом конечной продукции.

Как видно, сделать электрический теплый пол в теплице своими руками вполне по силам многих желающих. При этом изначальные финансовые расходы будут невысоки.

Далее выясним целесообразность использования создаваемой установки (табл.5).

Таблица 5. Экономическая эффективность использования установки

Кол-во черенков, шт	минимальная стоимость саженца, руб	прибыль, руб	затраты на установку, руб	затраты на эл.энергию, руб	Прочие затраты, руб	предполагаемая прибыль, руб
180	300	48000	544,5	6,72	136,1 +320	46992,68

Прочие затраты за 2 недели выращивания саженцев включают:

грунт 150р  
 пакеты (2р\*18шт) 36р  
 корневин 50 р

Если учесть что в изготовленную установку размером 0,5м\*0,25м входит 18 пакетов с грунтом, в каждый из которых можно поместить 10 черенков, то  $18*10=180$  шт черенков можно укоренить. (Необходимо помнить, что укореняемость черенков составляет примерно 90%).  $180-10\%=162$ , округлим для удобства до 160 шт.

Далее, полученные 160 укорененных черенков необходимо пересадить в пакеты, стоимостью 2р, итого, затратим еще 320р.

В зависимости от сорта стоимость укорененного чубука составляет 300-700 рублей. Следовательно,  $160*300=48000$  рублей (при минимальной цене за саженец) прибыли можно получить (табл.5). Вычитаем затраты и получаем 46992,68 рублей чистой предполагаемой прибыли.

Таким образом, наши затраты окупаются уже при продаже нескольких саженцев.



Рисунок 12. Корни на черенках после 2х недель работы установки

Мы попробовали нашу установку (кильчеватор) на практике. Для укоренения взяли черенки инжира. Через 14 дней нижнего подогрева у черенков появились корни (рис.12). То есть, установку можно использовать не только для винограда. Это очень практичное, экономичное и нужное изобретение для садоводов.

### **Выводы**

Таким образом, при незначительных затратах мы получили установку, которая позволяет получить саженцы уже в начале весны, что на полгода быстрее, чем традиционный метод укоренения в «школку», а также занимает минимум места и не требует больших площадей.

Наша гипотеза подтвердилась. Использование пленочного теплого пола экономически выгодно и ускоряет процесс формирования корневой системы растений в холодное время года.

### Литература и интернет - источники

1. Я знаю - онлайн журнал об образовании и работе. - Закон Джоуля-Ленца [Электронный ресурс]-<https://www.kp.ru/edu/shkola/zakon-dzhoulya-lentsa/> - (15.11.2025)
2. Теплый пол. Электрические теплые полы в теплице.- [Электронный ресурс]-<https://teplyopol-market.ru/novosti/elektricheskie-teplie-poli-v-teplice/>(15.11.2025)
3. Перышкин А.В. Физика .8 кл. : Учеб.для общеобразоват. учеб. заведений – М.: Дрофа, 2011. - с.172-173.
4. Выставка домов «Малоэтажная страна». - Пленочный теплый пол: устройство, плюсы, минусы, мощность, особенности монтажа.-[Электронный ресурс]- <https://m-strana.ru/articles/plenochnyy-teplyy-pol/> (19.11.2025)
5. Дача. Онлайн. Подогрев стеллажа с рассадой в теплице своими руками. - [Электронный ресурс] - <https://dacha-onlain.ru/blog/sovety-pokupatelyam/podogrev-stellazha-s-rassadoy-v-teplitse-svoimi-rukami/?ysclid=mggl5kt2c3278758489> (15.11.2025)
6. Ботаничка . Подробная инструкция по укоренению черенков винограда. - [Электронный ресурс] - <https://www.botanichka.ru/article/podrobnaya-instrukciya-po-ukoreneniyu-cherenkov-vinograda/> - (15.11.2025)
7. Быстрое Укоренение Любого Черенка: Секреты Создания Идеальных Условий! - [Электронный ресурс] - <https://dzen.ru/a/aI0ZK2mHCBk2Waik> (15.11.2025)
- 8.Форум цветоводов Фрауфлора. Тонкости и хитрости черенкования растений.- [Электронный ресурс] - <https://frauflora.com/viewtopic.php?t=2808>(15.11.2025)
9. Лемана про. Инфракрасная пленка для теплого пола. - [Электронный ресурс] -[https://lemanapro.ru/product/infrakrasnaya-plenka-dlya-teplogo-pola-teplosoft-tps-305-15-m-3300-vt-90811777/?is\\_retargeting=true&pid=yandexdirect\\_int&utm\\_source=yandex\\_direct\\_5&utm\\_medium=performance\\_cpc&utm\\_campaign=ag5\\_UFAO\\_DSA\\_Content\\_Loyal\\_desktop\\_new&utm\\_content=pid%7C54102227234\\_54102227234%7Ccid%7C112482496%7Cgid%7C5531581696%7Caid%7C1865585655666317933%7Cpos%7Cother2%7Ckey%7C---autotargeting%7Caddphrases%7Cno%7Cdvc%7Cdesktop%7Cregion%7C176087%7Cregion\\_name%7CЯсенское%20сельское%20поселение%7Ccoef\\_goal%7C0%7Ctext\\_3%7C&utm\\_term=---autotargeting&yclid=4550443530595598335&utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F#characteristics](https://lemanapro.ru/product/infrakrasnaya-plenka-dlya-teplogo-pola-teplosoft-tps-305-15-m-3300-vt-90811777/?is_retargeting=true&pid=yandexdirect_int&utm_source=yandex_direct_5&utm_medium=performance_cpc&utm_campaign=ag5_UFAO_DSA_Content_Loyal_desktop_new&utm_content=pid%7C54102227234_54102227234%7Ccid%7C112482496%7Cgid%7C5531581696%7Caid%7C1865585655666317933%7Cpos%7Cother2%7Ckey%7C---autotargeting%7Caddphrases%7Cno%7Cdvc%7Cdesktop%7Cregion%7C176087%7Cregion_name%7CЯсенское%20сельское%20поселение%7Ccoef_goal%7C0%7Ctext_3%7C&utm_term=---autotargeting&yclid=4550443530595598335&utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F#characteristics)(18.11.2025)
10. Садовая коллекция Михаила Сергеева. - [Электронный ресурс]-[https://vk.com/wall-67532585\\_88458](https://vk.com/wall-67532585_88458) (15.11.2025)