

## Системный анализ как инструмент для разработки учебного оборудования для проращивания семян

*Ю. В. Суханов, А. С. Васильев, А. С. Козырь, Е. А. Кемпи*

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск*

**Аннотация:** Для успешного обучения студентов в учебных заведениях должно присутствовать современное лабораторное оборудование. Это оборудование должно быть доступным, достаточно компактным для размещения в учебной аудитории, быть простым в обслуживании и эксплуатации, а также универсальным и позволять студентам проводить научно-исследовательские работы как с преподавателями, так и самостоятельно. Все это свидетельствует об актуальности данной работы. Цель работы заключается в создании оригинального учебного оборудования для проращивания семян. Работа над новой конструкцией учебного оборудования потребовала изучить и обобщить результаты и опыт использования известного из уровня развития техники подобного оборудования, а также изучить известные методы и технологии. В ходе работы с использованием элементов системного анализа были найдены новые конструктивные решения по компоновке универсального учебного оборудования для проращивания семян.  
**Ключевые слова:** стол для проращивания, учебное оборудование, всхожесть семян, качество семян

Лесное хозяйство России испытывает серьёзный недостаток в высококвалифицированных кадрах, так в октябре 2020 года прошёл круглый стол при Комитете Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию на тему «Кадровое обеспечение лесного комплекса: проблемы и пути решения», по результатам которого эксперты озвучили следующие проблемы [1]:

- в настоящее время дефицит только государственных лесных инспекторов составляет около 19 тысяч человек;
- отсутствие лесной профориентации «со школьной скамьи»;
- недостаток у выпускников практических знаний по профессии;
- многие выпускники лесных направлений не работают по специальности.

Решить данную проблему возможно при совместной работе системы «Школа-СПО-ВУЗ», при этом привлекая к участию именно сельские школы, выпускники которых с большей вероятностью, чем выпускники городских

школ, вернуться в лесную отрасль. Однако, в настоящее время система школьных лесничеств и школьных учебно-опытных участков практически не функционирует, поэтому ранняя профориентация школьников, проводимая лесными предприятиями и ВУЗами, на данный момент не является успешной.

Для успешного практико-ориентированного обучения студентов в СПО и ВУЗах, а также оснащения школ, необходимо доступное и современное лабораторное оборудование, позволяющее студентам и школьникам изучать актуальные технологии и методы, проводить лабораторные работы и вести свою научно-исследовательскую деятельность.

Такое оборудование необходимо для многих задач лесной и сельскохозяйственной отрасли, например, при проверке семян на всхожесть. Для определения всхожести используют ГОСТ 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести». Анализ семян на всхожесть – является важнейшим этапом оценки качества и жизнеспособности как способности к прорастанию за определённый срок [2]. Так по ГОСТ 14161-86 «Семена хвойных древесных пород. Посевные качества. Технические условия» семена первого класса для ели обыкновенной и сосны обыкновенной должны иметь всхожесть не менее 80% (для зоны I, в которую входит Республика Карелия)

Прорастание семян – это процесс активного роста растения, при котором зародыш разрывает семенную оболочку и появляется новое растение [3]. Оно начинается с поглощения воды и завершается, когда корешок выступает из покровных структур [4]. Для этого процесса требуются благоприятные условия по влажности, кислороду, температуре и освещенности.

Для реализации метода анализа на всхожесть в настоящий момент используют специальные промышленные аппараты для проращивания,

---

которые должны в автоматическом режиме поддерживать требуемые стандартом параметры. Например, аппараты должны поддерживать температуру воды и ложа для семян в течение долгого времени (иногда более двух недель), причём для некоторых древесных пород, например, для ели обыкновенной, дневная и ночная температура прогрева воды в аппарате заметно отличаются – 24°C днём и 36°C ночью. Также аппараты должны обеспечивать достаточный уровень освещённости семян в течение 8 ч. Поддержка заданных стандартом параметров вручную является очень трудоёмкой задачей.

В России при определении на всхожесть семян используют аппараты типа «Якобсон», которые имеют ванну с нагретой водой. Над ванной устанавливают пластины с отверстиями, на которых размещают фильтрующие бумаги с сердечником. На бумагу выкладываются семена, а сердечник опускается в воду, что и поддерживает семена во влажном состоянии. В аппарате регулируется температура воды и интенсивность освещения для имитации продолжительности дня и ночи [5].

Корпус промышленных аппаратов для проращивания семян типа «Якобсон» выполнен из нержавеющей стали и состоит из ванны, тумбы и поддонов для проращивания семян. Внутри тумбы помещаются элементы термоконтролирующей водоциркуляционной системы – бак-теплообменник с трубчатым электронагревателем и холодильной установкой, циркуляционный насос, электромагнитные клапаны и блок контроля [6]. В более современных аппаратах конструкция также включает магистральные и циркуляционные фильтры тонкой очистки воды, а блок контроля имеет функции архивной памяти для записи параметров температуры и возможность подключения к персональному компьютеру для обмена информацией.

---

Принципиальные гидравлическая схема и схема электрических подключений промышленного аппарата представлены на рисунке 1.

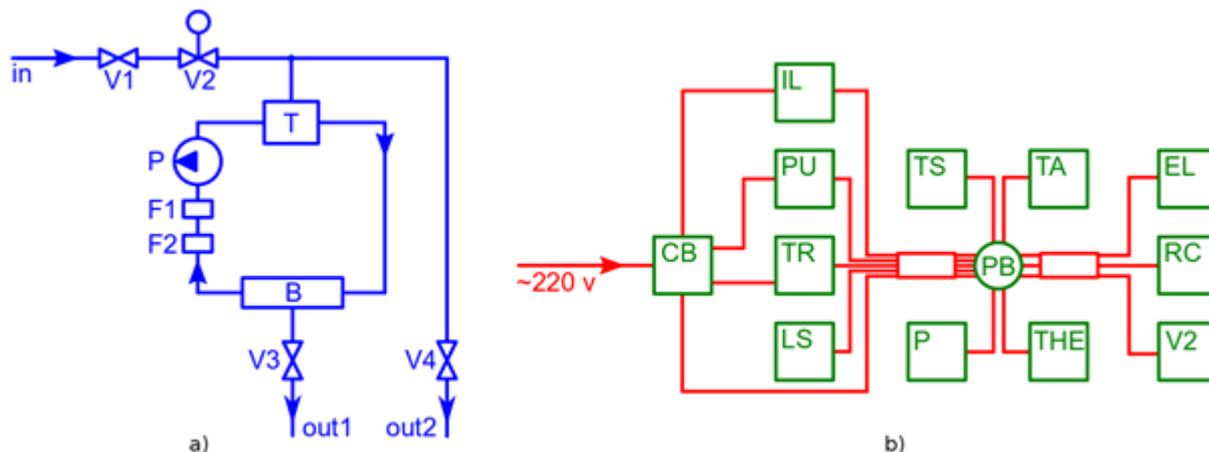


Рис. 1 – Схемы промышленного аппарата для проращивания:

а – принципиальная гидравлическая схема; б – схема электроподключений;

V1, V3, V4 – вентили; V2 – вентиль с соленоидным управлением; F1, F2 – фильтры воды; P – насос; T – бак-теплообменник; B – ванна; CB – автомат-выключатель; IL – лампа-индикатор; PU – программатор; TR – реле-времени;

LS – датчик уровня воды; TS – датчик температуры; TA – ограничитель температуры; THE – трубчатый электронагреватель; EL – лампы освещения;

RC – компрессор холодильной установки

Промышленные аппараты имеют в своей конструкции холодильные установки и требуют подключения к инженерным сетям здания (рисунок 2).



Рис. 2 – Элементы конструкции отечественных аппаратов

Вторым по распространённости методом проверки семян на всхожесть является метод Родевальда, для реализации которого используют аппараты с лотками, наполненными кварцевым песком. Лотки с песком подвешиваются над ванной с нагретой водой, за счёт чего поддерживается необходимый семенам постоянный режим влажности и температуры. Семена помещают на бумажные фильтры, а затем укладывают на стерилизованный кварцевый песок. В лотке с песком имеется система для регулирования уровня воды, через которую, с помощью вставленных в песок сердечников, а также за счёт капиллярного действия песка, семена имеют доступ к влаге, а для предупреждения высыхания песка используется колпак над лотком из акрилового стекла [7].

В настоящее время на рынке широко представлены промышленные аппараты для проращивания иностранного производства (ВСС, Швеция и RuMed, Германия) – это сложные и дорогие аппараты европейского производства, которые требуют фирменного сервиса [8, 9]. Кроме того,

современная политическая обстановка и санкционная политика западных стран дополнительно осложняют доступ к европейскому оборудованию.

Для обучения студентов и школьников требуется компактная и доступная по цене конструкция, которая позволила бы оснастить установками различные учебные заведения – от сельской школы до ВУЗа. Кроме того, учебные установки должны быть универсальными и позволять проводить не только опыты со всхожестью, но и проводить опыты по выращиванию растений.

В Петрозаводском государственном университете ведётся работа по созданию такого универсального учебного стола для проращивания семян. При поиске технических решений для разрабатываемой конструкции был использован подход с использованием системного анализа [10, 11], когда исследуемый объект техники был рассмотрен как сложная система, состоящая из ряда более простых подсистем, находящихся в определенной взаимосвязи между собой.

Было принято решение создать конструкцию, которая позволит обеспечить на одной установке реализацию методов Якобсона и Родевальда для проведения лабораторных и студенческих научно-исследовательских работ по всхожести семян. Кроме того, разрабатываемая конструкция должна обеспечивать быструю трансформацию стола для проращивания в небольшую учебную теплицу для проведения лабораторных и научно-исследовательских работ с сеянцами растений, например, опыты по пробному выращиванию древесных пород для определения качества корней сеянцев и т. п. Предлагаемая конструкция приведена на рисунке 3.

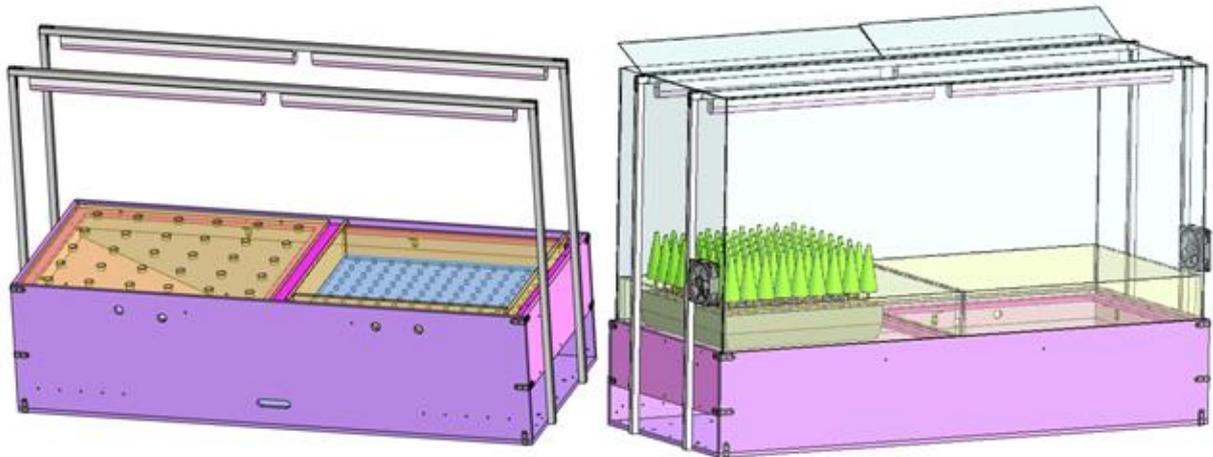


Рис. 3 – Элементы конструкции предлагаемого учебного стола

Так как разрабатываемая конструкция относится не к промышленным, а к учебным установкам, то были приняты конструкторские и технологические решения для упрощения и удешевления изделия, которые не должны, однако, ограничивать возможности стола для обучения. Например, было принято решение отказаться от применения в корпусе нержавеющей стали, а в качестве материала корпуса ванны применить листовую полипропилен, который является безопасным и легко моющимся материалом, выдерживающим максимальную температуру воды аппаратов для проращивания в 40-45°C. Также для учебной установки есть возможность отказаться от холодильной установки, так как она необходима, если температура в помещении более 20°C, а для широт лесных регионов России во время осеннего и весеннего учебного семестра температуру в помещении очень просто ограничить регулировкой температуры радиаторов отопления. При отсутствии холодильной установки есть возможность объединить ванну и бак, исключив циркуляционный насос. У промышленных аппаратов типа «Якобсон» количество одновременно закладываемых проб 120 или более штук. Такое количество избыточно для задач обучения, а уменьшение в учебном столе до 60 проб позволит значительно уменьшить массогабаритные

характеристики конструкции и даже устанавливать ее на обычную учебную парту.

Предлагаемый универсальный учебный стол для проращивания позволит обучающимся познакомиться с различными методами проверки посадочного материала, провести опыты с проращиванием семян и выращиванием растений. Для студентов СПО и ВУЗов предлагаемое учебное оборудование предоставит возможность проводить лабораторные и студенческие учебно-исследовательские работы на более высоком уровне, а также позволит познакомиться с основами автоматизации процессов выращивания растений. Данный стол также может найти применение для проверки посевных качеств семян малыми сельскохозяйственными предприятиями и небольшими питомниками (в том числе, выращивающими декоративные растения для озеленения), для которых недоступны или избыточны промышленные аппараты. Кроме того, возможности учебного стола могут заинтересовать дачников, садоводов-любителей и поклонников комнатных растений.

В настоящее время закончен этап разработки конструкторской документации экспериментального образца универсального стола для проращивания, определены требования к комплектующим элементам – микроконтроллерному управлению, системе датчиков и исполнительным механизмам, а также подобраны материалы для корпуса и найдена производственная площадка для выполнения работ по раскройке и сварке конструкции корпуса.

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках реализации Программы поддержки НИОКР студентов и аспирантов ПетрГУ, финансируемой Правительством Республики Карелия.

## Литература

1. Кадры решают все // PR-агентство MediaWood. 2020. URL: [mediawood.ru/kruglii\\_stol\\_po\\_kadram](http://mediawood.ru/kruglii_stol_po_kadram) (дата обращения: 28.06.2022).
  2. Алексейчук Г.Н., Ламан Н.А. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки. Минск: Право и экономика, 2005. – 48 с.
  3. Seed Germination Definition and Process in 5 Basic Stages // Basic Agricultural Study. A resource hub for young agriculturists. 2016. URL: [agriculturistmusa.com/seed-germination-and-its-process/](http://agriculturistmusa.com/seed-germination-and-its-process/) (дата обращения: 28.06.2022).
  4. Bewley J.D. Seed germination and dormancy // Plant Cell. 1997. № 9(7). Pp. 1055–1066.
  5. Стол для пробного проращивания (стол Якобсена) // ООО «Леснаб». URL: [lessnabrk.ru/assets/Lesovosstanovlenie-ZKS/Opisaniya-lesovosstanovlenie-ZKS/stolyakob.pdf](http://lessnabrk.ru/assets/Lesovosstanovlenie-ZKS/Opisaniya-lesovosstanovlenie-ZKS/stolyakob.pdf) (дата обращения: 28.06.2022).
  6. ПЛЮС.271266.001РЭ «Аппарат для проращивания семян АПС-1. Руководство по эксплуатации». АО Экспертцентр. 28 с.
  7. Стол Родевальда для проращивания семян // Профи АГРО. URL: [profi-agro.ru/product/stol-rodevalda-dlya-prorashhivaniya-semyan-s-3000/](http://profi-agro.ru/product/stol-rodevalda-dlya-prorashhivaniya-semyan-s-3000/) (дата обращения: 28.06.2022).
  8. Серия для испытания семян на всхожесть // Официальный сайт «Rubarth Apparate GmbH» (RUMED). URL: [rumed.de/ru/saatgut-linie/](http://rumed.de/ru/saatgut-linie/) (дата обращения: 28.06.2022).
  9. Стол для проращивания семян // Официальный сайт «Björkemar Construction & Consulting» (BCC). URL: [bccab.com/ru/products-planting/cone\\_and\\_seed\\_handling/germination-table/](http://bccab.com/ru/products-planting/cone_and_seed_handling/germination-table/) (дата обращения: 28.06.2022).
-



10. Боргоякова Т.Г., Лозицкая Е.В. Системный анализ и математическое моделирование. // Инженерный вестник Дона, 2018, № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4763](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4763).

11. Ермакова А.С. Системный анализ научно-технической информации как фактор выявления перспективных направлений развития лесной промышленности // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5615](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5615).

### References

1. Kadry reshayut vse [Personnel decides everything]. 2020. URL: [mediawood.ru/kruglii\\_stol\\_po\\_kadram](http://mediawood.ru/kruglii_stol_po_kadram) (accessed: 28.06.2022).

2. Alekseychuk G.N., Laman N.A. Fiziologicheskoe kachestvo semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i metody ego otsenki [Physiological quality of crop seeds and methods for its evaluation]. Minsk: Pravo i ekonomika, 2005. – 48 p.

3. Seed Germination Definition and Process in 5 Basic Stages. 2016. URL: [agriculturistmusa.com/seed-germination-and-its-process/](http://agriculturistmusa.com/seed-germination-and-its-process/) (accessed: 28.06.2022).

4. Bewley J.D. Plant Cell. 1997. № 9(7). Pp. 1055–1066.

5. Stol dlya probnogo prorashchivaniya (stol Yakobsena) [Germination test table (Jacobsen table)]. URL: [lessnabrk.ru/assets/Lesovosstanovlenie-ZKS/Opisaniya-lesovosstanovlenie-ZKS/stolyakob.pdf](http://lessnabrk.ru/assets/Lesovosstanovlenie-ZKS/Opisaniya-lesovosstanovlenie-ZKS/stolyakob.pdf) (accessed: 28.06.2022).

6. PLYuS.271266.001RE «Apparat dlya prorashchivaniya semyan APS-1. Rukovodstvo po ekspluatatsii» [Apparatus for germinating seeds APS-1. Manual]. 28 p.

7. Stol Rodeval'da dlya prorashchivaniya semyan [Rodewald table for germinating seeds]. URL: [profi-agro.ru/product/stol-rodevalda-dlya-prorashchivaniya-semyan-s-3000/](http://profi-agro.ru/product/stol-rodevalda-dlya-prorashchivaniya-semyan-s-3000/) (accessed: 28.06.2022).

---



8. Seriya dlya ispytaniya semyan na vskhozhest' [Seed germination test series]. URL: [rumed.de/ru/saatgut-linie/](http://rumed.de/ru/saatgut-linie/) (accessed: 28.06.2022).
9. Stol dlya prorashchivaniya semyan [Seed germination test series]. URL: [bccab.com/ru/products-planting/cone\\_and\\_seed\\_handling/germination-table/](http://bccab.com/ru/products-planting/cone_and_seed_handling/germination-table/) (accessed: 28.06.2022).
10. Borgojakova T.G., Lozickaja E.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4763](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4763).
11. Ermakova A.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5615](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5615).