

Экспериментальное исследование вибрационного разбросного посева семян

Эгипти А.Э.¹
Цыпук А.М.

Петрозаводский государственный университет

Рассмотрены конструкция вибрационного рассеивающего устройства сеялки для разбросного посева семян хвойных пород, теоретическое обоснование процесса равномерного посева семян, практические результаты.

Ключевые слова: сеялка, рассеивающее устройство, вибрация, расход семян, равномерность посева.

Для механизации разбросного посева семян хвойных пород разработана вибрационная сеялка (патент RU 2041588). Технология разбросного посева обеспечивает рациональную площадь питания растений, реализует выращивание в открытом грунте до 2 млн/га сеянцев или до 660 тыс/га укрупненных сеянцев без традиционного перешколивания.

Чтобы обосновать проектные параметры сеялки, выполнены экспериментальные исследования.

При создании сеялки для разбросного посева необходимо было решить задачу распределения семян на ширину полосы до 0,9 м. При исследовании рассеивающих устройств, в том числе типа вращающегося диска, шнековых и пневматических, установлено, что либо они не вписываются в конструкцию сеялки, либо вызывают повреждение семян.

Техническая задача решена применением вибрационного рассеивающего устройства. В процессе создания решались две основные задачи, в том числе обеспечение заданной нормы высева и равномерности посева семян. Для исследования вибрационного рассеивающего устройства создана лабораторная установка, схема которой представлена на рис.1. На этой установке отрабатывались конструктивные решения, проводилась проверка разработанных теоретических моделей, связанных с дозированием семян, их вибро-транспортировкой и просевом через отверстия, проводилось моделирование производственных ситуаций.

Конструкция установки позволяет бесступенчато регулировать расход семян из бункера, частоту колебаний трубки, углы ее установки. Амплитуда колебаний и закон возмущающего воздействия задаются формой кулачка вибратора. Параметры работы установки контролируются приборами, в том числе

счетчиком оборотов вала дозатора, тахометром частоты вращения кулачка, датчиком ускорений, усилителем и осциллографом. Время опытов задается вручную или с помощью специального реле. Расход семян определяется весовым способом после сбора их с лотка, расположенного под трубкой.

В качестве дозатора семян использован стандартный высевочный аппарат катушечного типа. Теория и применение аппаратов разработана и не являлась целью исследования.

Для обеспечения равномерности посева по ширине захвата сеялки необходимо выполнение двух условий: суммарная пропускная способность отверстий в трубке, через которые просыпаются на почву семена, должна быть равной производительности дозатора, установленной в зависимости от заданной нормы высева; все отверстия должны иметь одинаковую пропускную способность.

Выполнения этих условий можно достичь, если бы пропускная способность отверстия была постоянной величиной, зависящей только от его сечения. Исследования показали, что на пропускную способность оказывают существенное влияние высота слоя семян в трубке, амплитуда и частота вибрации вдоль оси трубки и в вертикальной плоскости - сыпучесть семян.

В процессе исследований была выявлена устойчивая зависимость увеличения расхода при повышении уровня семян в трубке, зависимость расхода от площади поперечного сечения отверстий. Выявлено также, что при достижении частоты колебаний некоторого критического значения (около 12 Гц) дальнейшее увеличение частоты не оказывало влияния на просев семян. Уровень семян в трубке не был постоянным, но отчетливо прослеживалась его волнообразность. Амплитуда волны составляла величину от 5 до 23 мм, ее пики перемещались вдоль трубки в зависимости от частоты колебаний. Отмеченные явления имеют много общего с физическими процессами, происходящими с жидкими телами, что позволило применить при моделировании расхода семян известное уравнение из гидростатики

$$q = \mu \cdot \rho \cdot F \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (1)$$

где

q - расход материала, кг/с;

ρ - плотность, кг/м³;

μ - коэффициент расхода;

F - площадь сечения отверстия, м²;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

H - напор (высота уровня материала над отверстием), м.

Проверка адекватности математической модели (1) проводилась в лабораторных условиях. Опытным путем были подобраны параметры вибратора, обеспечивающие равномерность рассеивания семян. Затем при постоянном уровне семян в трубке была уста-

¹ Авторы, соответственно, доценты кафедр технологии металлов и ремонта и технологии и оборудования лесного комплекса

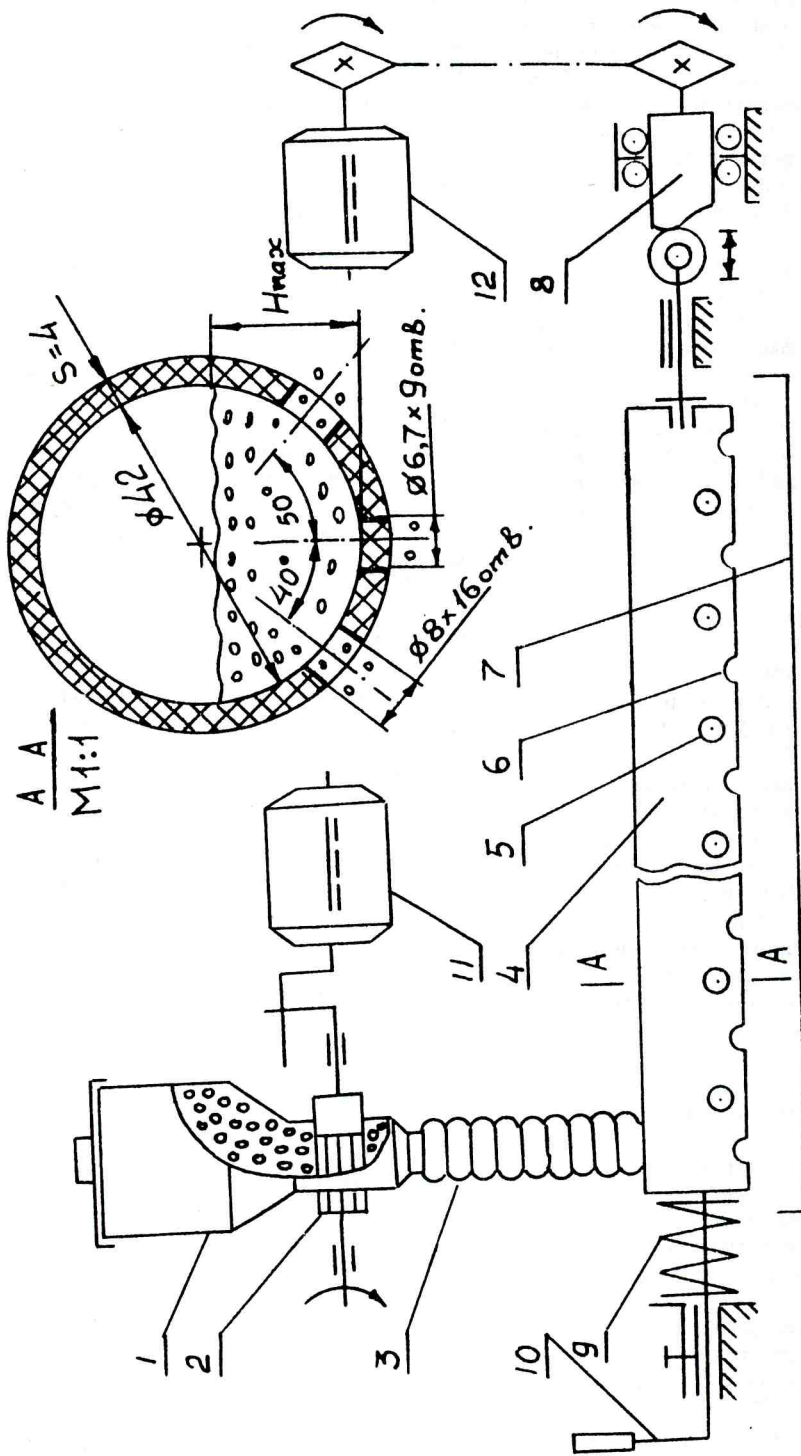


Рис.1. Схема экспериментальной установки для вибрационного отсева:
 1 - семенной ящик; 2 - дозатор; 3 - семяпровод; 4 - рассеивающая трубка; 5 - дополнительные отверстия;
 6 - основные отверстия; 7 - лоток; 8 - вибратор; 9 - пружина; 10 - регулятор равномерности отсева;
 11 - привод дозатора; 12 - привод вибратора.

новлена связь между суммарным сечением отверстий и расходом семян через них.

Сечение отверстий задавалось изменением их количества от 9 до 17 при постоянном диаметре 6,7 мм, который был установлен опытным путем. В рабочем варианте рассеивающего устройства диаметр был увеличен до 7 мм для большей надежности. Увеличение диаметра отверстий уменьшает их потребное количество на трубке, что нежелательно сказывается на общей равномерности, поэтому нецелесообразно. Оптимизация диаметров отверстий была направлена на минимизацию при граничном условии обеспечения пропуски семян максимальных размеров.

В процессе первой серии опытов уровень семян в трубке поддерживался в среднем около 13 мм с фактическими колебаниями по длине трубки от 8 до 18 мм. Стабилизация уровня около указанного значения достигалась постепенным увеличением подачи семян от дозатора при переходе к трубке с большим количеством отверстий. Результаты опытов свидетельствуют о линейной зависимости между суммарным сечением отверстий F и расходом семян q , описываемой уравнением регрессии

$$q = 11,65 \cdot F \quad (2)$$

Подставляя величину коэффициента 11,65 из выражения (2) в выражение (1) при известных значениях среднего уровня семян в трубке 0,013 м и их объемной массы 440 кг/м³, получим прогнозируемое значение коэффициента расхода $\mu = 0,052$.

Вторая серия опытов была направлена на изучение зависимости расхода семян от уровня их в трубке. Серия опытов проводилась с трубкой, имеющей 9 отверстий диаметром 6,7 мм при частоте вращения кулачка вибратора 780±20 об/мин. Расход семян через дозатор в каждом из опытов увеличивался по сравнению с предыдущим до величины, обеспечивающей стабилизацию семян в трубке на достаточно длительный период. Расчетная величина коэффициента расхода вычислялась для каждого опыта из выражения (1). Значение величины коэффициента расхода μ составило величину 0,0476 при коэффициенте вариации менее 3%, что подтверждает параболический закон зависимости расхода семян от их уровня. Принимая во внимание выражение (2), можно утверждать, что модель расхода семян под действием вибрации адекватна выражению (1), заимствованному из гидростатики, а физическое состояние семян под действием вибрации можно рассматривать как квазижидкое.

При повышении уровня семян в трубке пропускная способность отверстий возрастает пропорционально радикалу второй степени от уровня, т.е. по параболическому закону. Это означает, что при увеличении расхода семян через дозатор в некотором диапазоне увеличивается и пропускная способность трубки, т.е. система рассеивающая трубка - дозатор будет работать в режиме автоматического регулирования. Диапазон устойчивой работы системы определится из выражения

$$q_{\max} / q_{\min} = \sqrt{H_{\max} / H_{\min}} \quad (3)$$

где

q_{\min} - минимальный устойчивый расход семян через отверстия в трубке, кг/с;

H_{\min} - соответствующий средний уровень семян, м;

H_{\max} - максимальный средний уровень семян, исходя из размеров рассеивающей трубки;

q_{\max} - соответствующий расход.

Коэффициент расхода семян меняется в зависимости от их физических параметров. Расчетную величину, определенную в настоящих исследованиях порядка 0,05, целесообразно использовать при проектировании рассеивающего устройства - подбора количества отверстий в трубке в зависимости от предполагаемого расхода семян через дозатор. Для практического обеспечения равномерности посева семян по ширине захвата сеялки в конструкцию рассеивающего устройства необходимо ввести механизм, позволяющий регулировать равномерность посева в полевых условиях, и выполнить эту регулировку перед началом эксплуатации сеялки, а также при переходе к семенам с отличающимися от ранее применяемых физическими характеристиками, т.е. практически для каждой новой партии семян.

В конструкции рассеивающего устройства этот механизм был реализован в виде дополнительных отверстий увеличенного диаметра, расположенных между основными отверстиями выше них. Компенсирующие отверстия на лобовой и задних поверхностях трубки расположены на разной высоте. Отверстия включаются в работу автоматически по мере заполнения трубки, а регулирование равномерности посева семян по ширине захвата осуществляется поворотом трубки вокруг продольной оси и фиксации в повернутом положении, что обеспечивает регулировку уровня включения отверстий в работу.

Результаты исследования равномерности посева с имитацией поперечного уклона поля питомника до 2° представлены на рис.2.

Значение неравномерности с отрицательным знаком свидетельствует о том, что на половине трубки со стороны подачи семян в нее (примыкающей к семяпроводу, см. рис.1), просыпалось больше семян, чем с половины трубки, отдаленной от семяпровода, и наоборот. На расход семян через первую половину трубки влияние среди прочих факторов оказывает скорость вибротранспортировки, поэтому зависимость, представленная на рис.2, есть результат совместного действия сложных процессов гидромеханического характера, протекающих внутри трубки.

Установлено, что наименьшая величина неравномерности соответствует частоте колебаний трубки 780±20 об/мин и расходу семян 6,7 грамма за секунду, при этом максимальная неравномерность посева находится в пределах ±15% и соответствует агротребованиям к разбросному посеву.

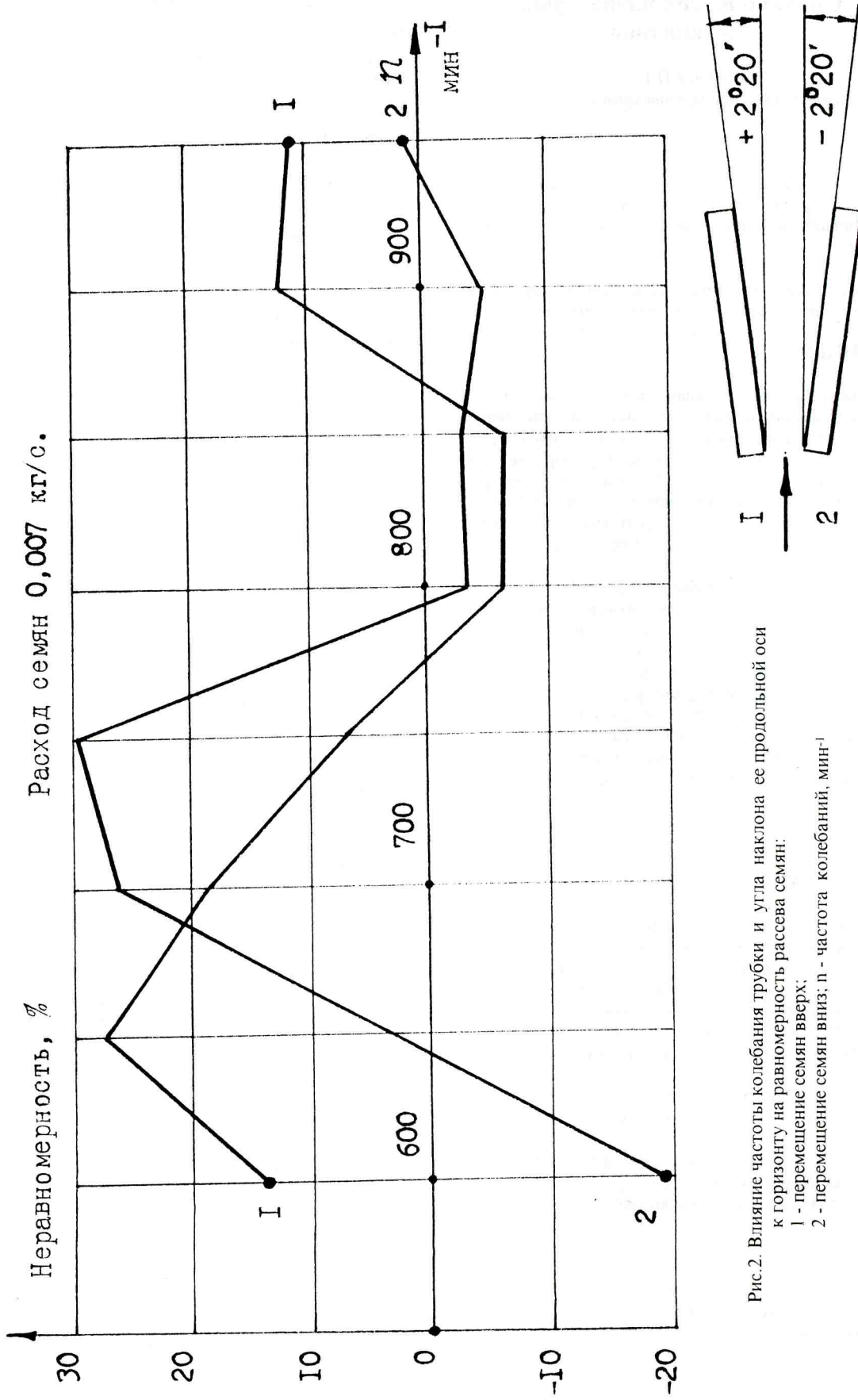


Рис.2. Влияние частоты колебания трубки и угла наклона ее продольной оси к горизонту на равномерность рассева семян:
 1 - перемещение семян вверх;
 2 - перемещение семян вниз; n - частота колебаний, мин^{-1}