

УДК 550.8.07; 550.822; 699.852; 631.431

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СВОДООБРАЗОВАНИЯ КОМПОСТИРУЕМЫХ СМЕСЕЙ В УСТАНОВКАХ МОДУЛЬНОГО ТИПА

Колдин Михаил Сергеевич

кандидат технических наук, доцент

e-mail: koldinms@yandex.ru

Коротков Артемий Александрович

студент

Мичуринский государственный аграрный университет,

г. Мичуринск, Россия

e-mail: korotkov-artemiy@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются технологический алгоритм выгрузки компостируемых смесей. Авторы центрируют внимание на исследовании и результатах процесса сводообразования в установках модульного типа.

Ключевые слова: сводообразование, свод, компостируемые смеси, выгружаемый материал, установки модульного типа, технологический процесс.

Если в сельскохозяйственных машинах имеет место перемещение почвенных частиц через выпускные отверстия, то при определенных условиях возможно образование сводов [1, 2].

Сводообразование – это явление самопроизвольного возникновения сводов из почвенных частиц над выпускным каналом (отверстием) устройства, из которого частицы выводятся. На образование сводов влияют следующие свойства почвы: влажность, липкость, слеживаемость, связанность и крупность;

чем сильнее выражаются эти свойства, тем больше склонность к сводообразованию [3, 4, 5].

Существует ряд методик определения параметров свода на примере почвы [6].

Схема почвенного свода над выпускным отверстием устройства показана на рисунке 2, а на рисунке 3, представлена схема прибора для определения диаметра наибольшего выпускного отверстия, при котором возможно образование сводов [7].

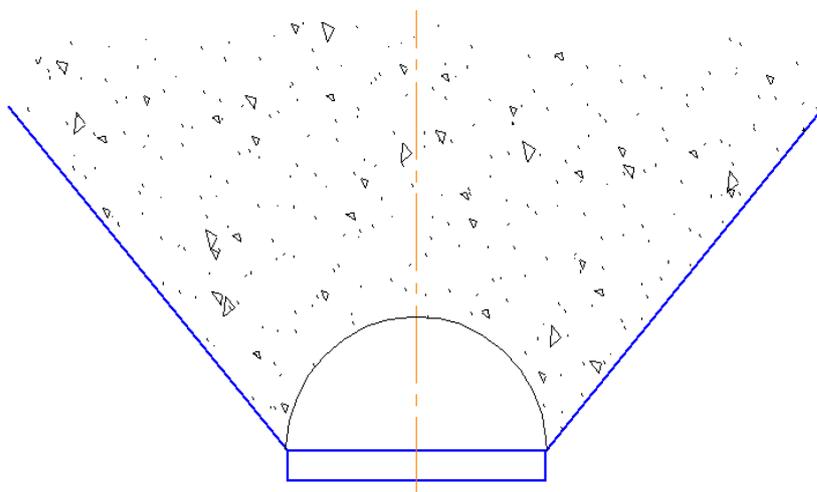


Рисунок 1 – Схема почвенного свода над выпускным отверстием

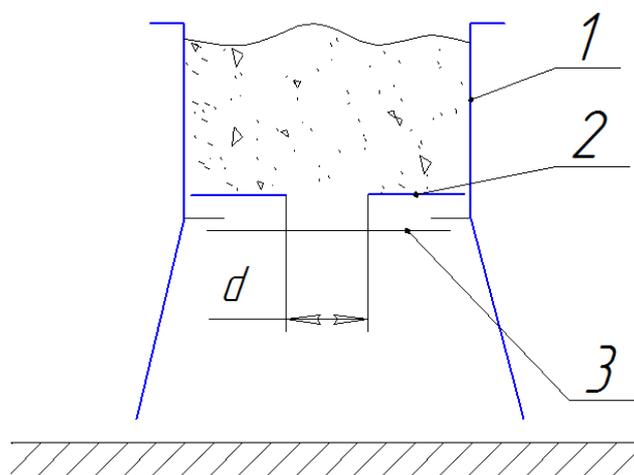


Рисунок 2 – Прибор для определения диаметра наибольшего выпускного сводообразующего отверстия:
1 – сосуд; 2 – диафрагма, 3 - заслонка

При работе с прибором в сосуд 1 помещают диафрагму с отверстием наибольшего диаметра d . Заслонкой 3 закрывают отверстие в днище сосуда, после чего его заполняют почвой. Затем заслонку отодвигают и освобождают отверстие. Если при этом имеет место свободное истечение почвы без

сводообразования, то диафрагму заменяют другой с меньшим отверстием. Такая работа проводится до тех пор, пока не будет получено явление сводообразования [8]. Наибольшее отверстие, при котором наблюдается сводообразование, называют сводообразующим. Чем больше диаметр этого отверстия, тем связнее почва.

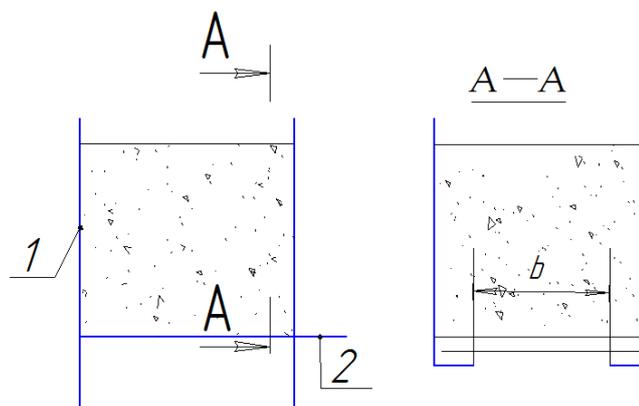


Рисунок 3 – Прибор для определения диаметра наибольшего выпускного отверстия: 1 – сосуд; 2 – диафрагма; 3 – заслонка

Если форма выпускного отверстия прямоугольная, то определяют наибольшую ширину сводообразующего отверстия (щели).

Схема такого прибора изображена на рисунке 3. Он представляет собой высокий сосуд 1 с отверстием в днище шириной b , перекрываемым заслонкой 2. В начале опыта заслонка закрыта, а сосуд заполняется почвой. Выдвигая затем заслонку, открывают щель, в которую устремляется почва, в связи с чем возможно образование свода. После образования свода заслонку постепенно выдвигают до тех пор, пока не будет достигнута ширина щели, при которой почва свободно вытекает из отверстия без образования устойчивых сводов [6, 9].

Поскольку явление сводообразования обусловлено связностью (сцеплением) почвы, то по результатам опыта, проведенного на рассмотренном ранее приборе, можно определить начальное сопротивление сдвига или сцепление τ_0 . Однако данные методики не учитывают ряд особенностей выгружаемого материала.

Нарушение технологического процесса выгрузки трудносыпучих материалов, в том числе и компостируемых смесей из выгрузного отверстия установок бункерного типа часто связано с образованием устойчивых сводов, которые временно или полностью прекращают выход материала [7]. Образование сводов наблюдается в бункерах при выгрузке из них материалов, которые обладают высокой степенью связности, что требует дополнительных исследований с учетом взаимосвязи конструктивных параметров установок и свойств выгружаемых материалов.

Поэтому, с точки зрения энергоемкости, для обеспечения равномерного процесса выгрузки компостируемых материалов необходимо использовать принципиально новое устройство разгрузки [10].

Для обоснования параметров данного устройства, с целью совершенствования работы установки в целом, нужно теоретически исследовать неизбежные явления сводообразования, выявить их закономерности, а также зоны их наиболее вероятного нахождения (линии свода). От столба материала на дне бункера возникает вертикальное давление, которое при открытии выпускного отверстия начинает падать. В начальной фазе выгрузки структура материала остается упругой по причине отсутствия взаимного скольжения частиц. При этом напряженное состояние среды остается неизменным. Далее падение вертикального давления способствует возникновению пластических деформаций, при этом напряженное состояние среды начинает изменяться. В результате деформаций среды в зоне выгрузного отверстия возникают касательные напряжения, что приводит к появлению распорной реакции [11]. При условии равновесия вертикальной составляющей распорной реакции и массы груза, лежащей над отверстием, образуется свод.

Вывод уравнения линии свода, образующегося в щелевом бункере с шириной отверстия b , основан на предположении ее совпадения с траекторией главных напряжений [8, 12]. Однако, на значение высоты стрелы свода f влияет не только ширина выгрузного отверстия b , но и угол подвода

выгружаемого материала к нему (угол наклона боковых стенок бункерной установки $\alpha_{ст}$) (рисунок 4).

Существует зависимость [9, 13], показывающая, что усилие на свод со стороны боковой стенки, расположенной под углом $\alpha_{ст}$ к горизонтали, совпадает с направлением вектора главного напряжения P и должно быть направлено тангенциально под углом ψ , т.е.:

$$\psi = \alpha_{ст} - \varphi_{внеш} \quad (1)$$

где $\alpha_{ст}$ – угол наклона боковых стенок бункера к горизонтали, град;

$\varphi_{внеш}$ – угол внешнего трения выгружаемого материала о стенок.

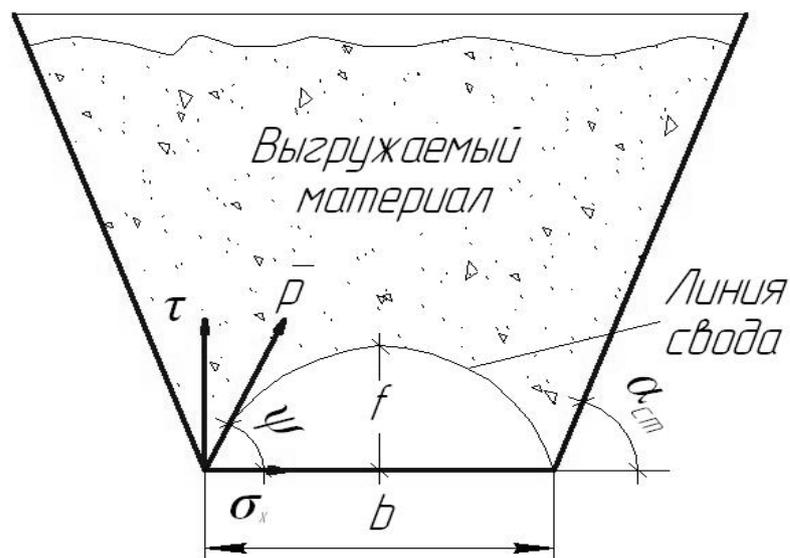


Рисунок 4 – Определение высоты линии свода

Подставив значение ψ из (1) в известные уравнения напряжений, получим:

$$\sigma_x = P \cdot \cos(\alpha_{ст} - \varphi_{внеш}), \quad (2)$$

$$\tau = P \cdot \sin(\alpha_{ст} - \varphi_{внеш}). \quad (3)$$

Выразив x через $b/2$, получим:

$$\operatorname{tg}(\alpha_{ст} - \varphi_{внеш}) = \frac{\gamma_m \cdot g \cdot (b/2)}{\tau_0 \cdot \cos \varphi_{внут}}, \quad (4)$$

Формулу по нахождению высоты стрелы свода f можно записать в следующем виде [1]:

$$f = \frac{1}{2} \cdot b \cdot \frac{\gamma_m \cdot g \cdot (b/2)}{\tau_0 \cdot \cos \varphi_{внут}}, \quad (5)$$

Далее будем иметь, что высота стрелы свода, с учетом угла наклона боковых стенок, равна [5]:

$$f = \frac{1}{2} \cdot b \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{ст} - \varphi_{внеш}). \quad (6)$$

Тем самым, из выражения (6) видно, что высота стрелы свода прямо пропорциональна ширине выгрузного отверстия, а также функционально зависит от разности угла наклона боковых стенок установки и угла внешнего трения выгружаемого материала.

Для эффективности выгрузки материала необходимо учитывать, что конструктивные и режимные параметры рабочих органов, разрушающих свод, должны соответствовать геометрическим характеристикам этого свода и скорости, с которой будет подаваться выгружаемый материал. По полученным данным значений величины f геометрически можно определить место расположения рабочих органов устройства разгрузки.

Таким образом, на основании проведенных исследований процесса сводообразования имеется возможность определения оптимальных значений основных характеристик свода, что позволит обосновать конструкцию рабочих органов устройства разгрузки, а также разместить их в определенном месте внутри корпуса установки.

Список использованной литературы

1. Коротков А. А., Криволапов И. П., Аксеновский А. В., Астапов А.Ю. Анализ результатов исследований физико-механических свойств пористого органического материала с добавлением торфа// Наука в центральной России, № 6 (42), 2019, С. 11-15.
2. Криволапов И.П. Анализ биохимических процессов при компостировании / И.П. Криволапов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1. – С. 65-68.

3. Проблемы утилизации отходов сельскохозяйственных производств и пути их решения / М.С. Колдин, И.П. Криволапов, С.И. Киселев, Т.Ю. Холопова // В сборнике: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых Материалы научно-практической конференции с международным участием. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – 2018. – С. 45-49.

4. Методика и результаты оценки концентрации диоксида углерода при разложении соломопавозной смеси / И.П. Криволапов, В.И. Горшенин, А.О. Хромов, М.С. Колдин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3. – С. 55-58.

5. Колдин М.С. Обоснование параметров устройства выгрузки бункерных компостирующих установок / И.П. Криволапов, М.С. Колдин // В сборнике: Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе сборник статей 67-й международной научно-практической конференции : в 3 томах. – 2016. – С. 76-81.

6. Determination of the air purification efficiency when using a biofilter // I.P. Krivolapov, A.Yu. Astapov, D.V. Akishin, A.A. Korotkov, S.Yu. Shcherbakov // Journal of Ecological Engineering. – 2019. – Т. 20. – № 11. – С. 232-239.

7. Efficiency of using biological filtering material for environmental support of accelerated waste processing / A.A. Korotkov, I.P. Krivolapov, S.Y. Shcherbakov, K.A. Manaenkov, A.V. Aksyonovsky // XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 403 (2019) – 012136

8. Korotkov A.A. Unmanned aerial vehicles for estimation of vegetation quality / A.A. Korotkov, A.Y. Astapov, I.P. Krivolapov // Amazonia Investiga ISSN 2322-6307 Edition: Bimonthly/Current Issue – Vol 8. – No 23 (2019) – / Published: 2019-10-11.

9. Завражнов А.И. Исследование факторов влияющих на энергоемкость работы устройства разгрузки установки для переработки отходов на фермах КРС / А.И. Завражнов, В.В. Миронов, М.С. Колдин, П.С. Никитин // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2007. – Вып. 10. – С. 78-86.

10. Завражнов А.И., Миронов В.В., Колдин М.С. Определение оптимальных конструктивно-режимных параметров устройства разгрузки установки для компостирования. // Достижения науки и техники АПК. – 2008. - №8. – С. 36-39.

11. Завражнов А.И., Миронов В.В., Колдин М.С. Исследование энергоемкости процесса разгрузки установки ускоренного компостирования органического сырья. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2008. – Т. 2. - №1. – С. 16-23.

12. Миронов В.В., Колдин М.С., Никитин П.С. Исследование параметров устройства разгрузки бункерных установок для переработки отходов на фермах КРС // Научно-технический прогресс в животноводстве – машинно-технологическая модернизация отрасли «Материалы X научно-практической конференции» ГНУ ВНИИМЖ. – Подольск, 2007. - Том 17. - Часть 3. - С. 170-180.

13. Криволапов И.П. Исследование эффективности очистки воздуха в животноводческих комплексах от аммиака и сероводорода /И.П. Криволапов, М.С. Колдин, С.Ю. Щербаков // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. – 2016. – № 3 (11). – С. 9-18.

RESEARCH OF FORMATION PROCESSES OF COMPOSTABLE MIXTURES SYNTHESIS IN MODULAR INSTALLATIONS

Koldin Mikhail Sergeevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: koldinms@yandex.ru

Korotkov Artemy Aleksandrovich

student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

e-mail: korotkov-artemiy@mail.ru

Annotation: The article discusses the process algorithm for unloading compostable mixtures. The authors focus attention on the study and the results of the formation process in modular-type plants.

Keywords: quotient formation, vault, compostable mixtures, unloaded material, modular installations, technological process.