
ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ

Владлен Корохов*, Ирина Бурова*, Павел Лавринев**

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства

**Николаевский Государственный университет им. В.А Сухомлинского

Аннотация. В настоящем сообщении описан один из путей решения актуальной экономической проблемы, состоящей в использовании отходов сельхозпроизводства – виноградной лозы в качестве исходного сырья для изготовления строительного теплоизоляционного материала лозолита. Приводится диапазон его физико-механических свойств в зависимости от сроков обрезки лозы и соотношения применяемых компонентов. Описаны технология получения указанного материала, состав поточной линии и характеристика основного технологического оборудования.

Ключевые слова: лоза, измельчение, дозация, цемент, вода вяжущее, технология, теплоизоляция, расчет.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Анализ информационной обеспеченности проблемы переработки большого количества отходов сельхозпроизводства виде обрезков виноградной лозы показал возможность использования этого бросового сырья для получения лозолита в качестве строительного утеплителя [1]. Существуют поточные линии для изготовления сеток из рубленой виноградной лозы кусками длиной 200...250мм. Получаемый из древесных сеток лозолит обладает определенным комплексом приемлемых свойств. Вместе с тем, резервы повышения качества этого строительного материала еще далеко не использованы. С точки зрения дальнейшего улучшения физико-механических свойств теплоизолятора оказывается достаточно перспективным получать его не из рубленой, а из мелкоизмельченной до размеров 5...20мм. Некоторое отставание в решении этой проблемы до недавнего времени обусловлено отсутствием требуемого измельчающего оборудования лозы достаточной производительности (4...8т/ч) и нетрудоемкого в обслуживании.

В настоящей работе были поставлены следующие задачи:

1. Установить возможность использования в качестве измельчителя лозы какую-либо из машин, применяемых в других отраслях переработки твердых материалов, таких как древесина или сельскохозяйственное сырье.
2. Определить параметры оптимального технологического процесса и соотношения составляющих компонентов, позволяющих достигнуть необходимых качественных физико-механических свойств получаемого теплоизоляционного материала с использованием измельченной виноградной лозы.
3. Выработать оптимальный состав поточной линии в соответствии с рекомендуемой технологией получения требуемого материала и приемлемым для этого оборудованием.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проблема переработки вторичного сырья в наше время остро связана как с усиливающимся загрязнением окружающей среды, так и с ограниченностью традиционных природных ресурсов. Это в полной мере относится к использованию отходов переработки леса и большего количества отходов виноградной лозы, так как в процессе ухода за виноградниками требуется ежегодная обрезка лишних побегов.

Анатомия стебля лозы близка к структуре древесины лиственных пород, состоящей из жесткого непрерывного каркаса, образованного из пустотелых клеточных оболочек. Вместе с тем, обнаруживается и специфика. Это касается анатомии лоз в связи с наличием междоузлий и узлов в стержне лозы [1].

В Национальной академии природоохранного и курортного строительства были проведены научно-исследовательские работы по изготовлению легкого бетона, получаемого на основе минерального вяжущего (портландцемент М400), органического целлюлозного заполнителя растительного происхождения (виноградная лоза), химической добавки (хлористый кальций) и воды. В процессе проведения экспериментальных исследований была использована следующая методика. Для проведения опытов принят такой состав лозолитовой бетонной смеси на 1м³, кг: цемента – 250...400; дробленой виноградной лозы – 150...240; хлористого кальция – 6...9; воды – 260...410. Согласно инструкции по проектированию, изготовлению и применению конструкций и изделий из арболита отношение дробленой лозы к портландцементу было принято 0,6, а водоцементное отношение колебалось в пределах 1,1...1,3. Средний расход компонентов на 1м³ лозолитовой бетонной смеси представлен в таблице 1.

Таблица 1. Расход компонентов, кг на 1м³ смеси
Table 1. Expense of components, kg on m³ mixtures

| Вид заполнителя | Цемент, кг | Заполнитель, кг | Хлористый кальций, кг | Вода, кг | Средняя плотность, кг/м ³ | Прочность при сжатии, МПа |
|-------------------------------|------------|-----------------|-----------------------|----------|--------------------------------------|---------------------------|
| Измельченная виноградная лоза | 250 | 150 | 6 | 260 | 430 | 0,5 |
| | 270 | 160 | 6 | 290 | 460 | 1,3 |
| | 300 | 180 | 7 | 320 | 500 | 2,2 |
| | 350 | 210 | 7 | 360 | 565 | 3,1 |
| | 380 | 230 | 8 | 390 | 625 | 3,7 |
| | 400 | 240 | 9 | 410 | 710 | 5,1 |
| Измельченная древесина | 250 | 150 | 6 | 260 | 440 | 0,5 |
| | 270 | 160 | 6 | 290 | 470 | 1,4 |
| | 300 | 180 | 7 | 320 | 540 | 2,3 |
| | 350 | 210 | 7 | 360 | 595 | 3,3 |
| | 380 | 230 | 8 | 390 | 685 | 3,9 |
| | 400 | 240 | 9 | 410 | 750 | 5,2 |

Технология изготовления лозолита (заполнитель – дробленая виноградная лоза) и арболита (дробленая древесина) в основном включает те же технологические операции, что и технология обычного бетона на пористых заполнителях, а именно: дробление и подготовка заполнителя по гранулометрическому составу, обработка заполнителя химическими растворами, дозировка компонентов смеси, приготовление смеси, укладка ее в формы и уплотнение, термообработка отформованных изделий, вызревание при положительных температурах, транспортировка изделий на склад.

Измельчение виноградной лозы и древесины до размеров 5...20 мм производили на измельчителе типа РЗ-ВДМ-20.

Большое влияние на качество смеси оказывало дозирование и способ введения воды и химических добавок. Нестабильная влажность органического целлюлозного заполнителя обусловила необходимость замачивать этот заполнитель в растворе хлористого кальция в течение 7...10 мин перед подачей в смеситель. Эта операция замачивания необходима для нейтрализации химически агрессивных веществ заполнителя, отрицательно влияющих на процесс гидратации портландцемента. После замачивания заполнитель загружали в бетоносмеситель принудительного действия, куда добавляли необходимое по расчету количество минерального вяжущего и воды. После тщательного перемешивания в течение 3 мин приготовленную смесь загружали в стандартные формы размером 20x20x20 см.

Самая ответственная операция при изготовлении лозолитовых и арболитовых изделий, как показали проведенные исследования, это уплотнение смеси. Из-за упругих свойств к исследуемым смесям неприменимы общие закономерности, характерные для смесей на минеральных заполнителях. Было установлено, что обычная вибрация малоэффективна из-за низких гравитационных и упругих свойств бетонной смеси на органическом заполнителе, а прессование приводит к тому, что после снятия нагрузки упругая смесь распрессовывается и нарушается целостность структуры. Эти особенности исследуемой смеси, объясняются свойствами органического древесного заполнителя, энергично поглощающего капельную влагу в бетоносмесителе в процессе приготовления смеси, в результате чего смесь получается малоподвижной даже при больших расходах воды. Поэтому пришлось поддерживать высокое значение водоцементного отношения, равного 1,1...1,3.

Такие свойства смеси с органическим заполнителем вызвали необходимость при ее уплотнении применять вибрирование с пригрузом. После уплотнения образцы подвергались тепловлажностной обработке в пропарочной камере по режиму 2+3+8+2 ч (выдерживание, подъем температуры, изотермический прогрев при 80...85 °С, остывание). После тепловлажностной обработки и вызревания при температуре 20±2 °С образцы испытывались на осевое сжатие на гидравлическом прессе П-125.

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1. Анализ полученных результатов показал, что лозолит, полученный на основе дробленой лозы и минерального вяжущего, по своим физико-механическим характеристикам весьма близок к арболиту и его можно отнести к группе легких бетонов – конгломератов с композитной, волокнистой структурой, основные компоненты которой – частицы органического заполнителя растительного происхождения и минеральное вяжущее – портландцемент. Если этот материал изготавливать в соответствии с «Руководством по проектированию и изготовлению изделий из арболита» [2], то его физико-механические, теплофизические свойства, его

биостойкость и огнестойкость будут близки к арболиту. Это означает, что легкие пористые древесные частицы заполнителя снижают плотность, коэффициент теплопроводности, хрупкость изделий, улучшают теплозащитные, эксплуатационные свойства материала, облегчают его механическую обработку. Минеральное вяжущее придает лозолиту прочность, биостойкость, огнестойкость, морозостойкость [3].

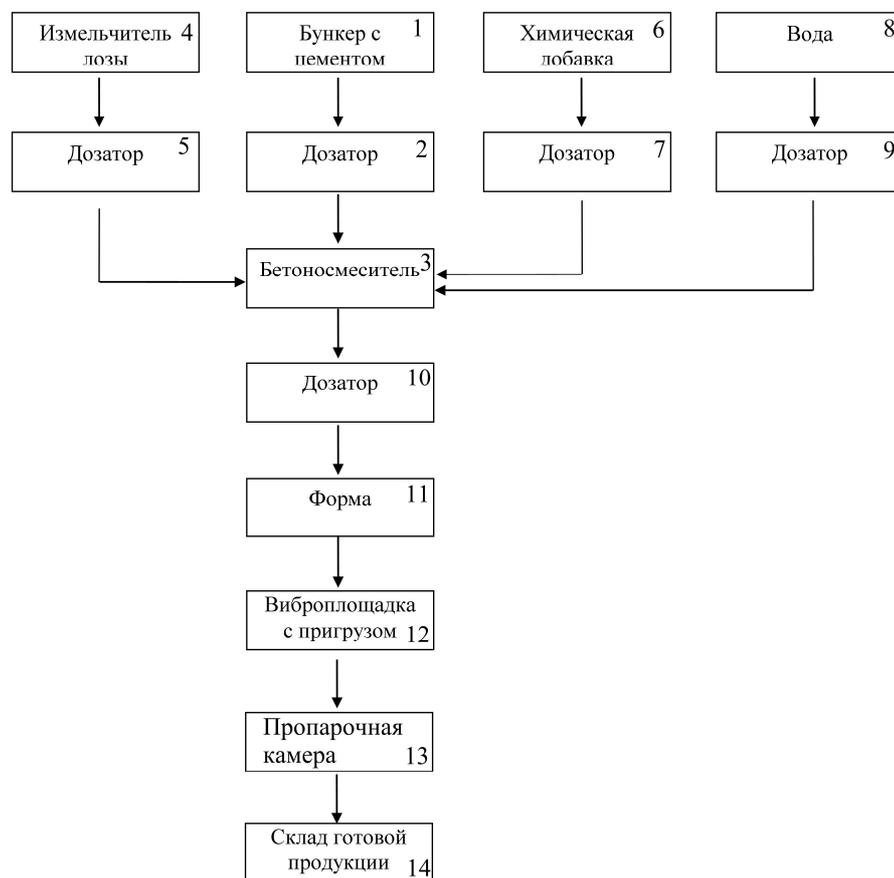


Рис. 1. Конвейерная линия по изготовлению лозолита

Fig. 1. Conveyer line on making of lozolit

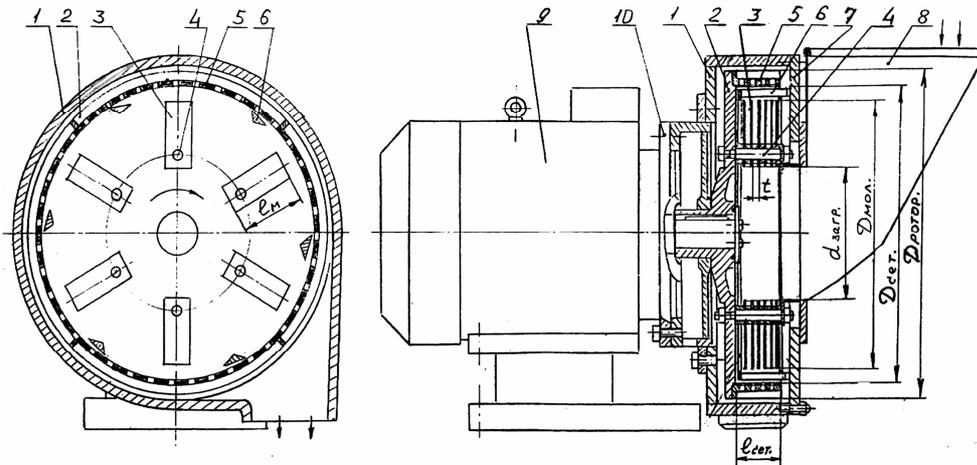


Рис. 2. Измельчитель-дробилка РЗ-ВДМ-20

Fig. 2. Grinding-crusher of RZ-VDM-20

Такие свойства смеси с органическим наполнителем вызвали необходимость при ее уплотнении применять вибрирование с пригрузом.

После уплотнения образцы подвергались тепловлажностной обработке в пропарочной камере по режиму 2+3+8+2 ч (выдерживание, подъем температуры, изотермический прогрев при 80...85°C, остывание). После тепловлажностной обработки и вызревания при температуре 20±2°C образцы испытывались на осевое сжатие на гидравлическом прессе П-125.

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1. Анализ полученных результатов показал, что лозолит, полученный на основе дробленой лозы и минерального вяжущего, по своим физико-механическим характеристикам весьма близок к арболиту и его можно отнести к группе легких бетонов – конгломератов с композитной, волокнистой структурой, основные компоненты которой – частицы органического наполнителя растительного происхождения и минеральное вяжущее – портландцемент. Если этот материал изготавливать в соответствии с «Руководством по проектированию и изготовлению изделий из арболита» [2], то его физико-механические, теплофизические свойства, его биостойкость и огнестойкость будут близки к арболиту. Это означает, что легкие пористые древесные частицы наполнителя снижают плотность, коэффициент теплопроводности, хрупкость изделий, улучшают теплозащитные, эксплуатационные свойства материала, облегчают его механическую обработку. Минеральное вяжущее придает лозолиту прочность, биостойкость, огнестойкость, морозостойкость [3].

На рис. 1 показан состав технологической конвейерной линии, включающий бункер с цементом 1, дозатор цемента 2, бетоносмеситель 3, измельчитель лозы 4, дозатор 5, резервуар с химической добавкой 6, дозатор 7, резервуар с водой 8, дозатор 9, дозатор смеси 10, формы для смеси 11, виброплощадка с пригрузом 12, пропарочная камера 13, склад готовой продукции 14.

Важным показателем сырья, определяющим качество лозолита является степень измельчения лозы в дробилке РЗ-ВДМ-20, выпускаемой Симферопольским заводом «Продмаш», она показана на рис. 2. Производительность — до 20 т/ч, установленная мощность электродвигателя — 20 кВт, масса — 810 кг, габаритные размеры, мм — 1600/1100/850. Первоначальное назначение этой дробилки — измельчение плодов. Благодаря высокой степени измельчения сырья, большой производительности, малым удельным энергозатратам и простоте обслуживания эта дробилка применима для измельчения цемента, шлака известняка, сухих стеблей растений и виноградной лозы [4]. По своему устройству этот измельчитель молоткового типа обеспечивает возможность изменения размера частиц получаемой массы без замены рабочих органов — только за счет их регулировки. Технические достоинства измельчителя достигаются несколькими отличительными особенностями. Первая из них в том, что классифицирующая решетка для разделения мелких и крупных фракций сырья, вращается вместе с ротором, в котором исходный материал измельчается ударами молотков. Центробежные силы инерции, действующие на частицы сырья, побуждают мелкие из них вылетать из камеры через отверстия решетки. Это повышает производительность машины и исключает неоправданное энергопотребление. Вторая особенность измельчителя, упрощающая его конструкцию и повышающая надежность, в том что ротор с молотками смонтирован на валу электродвигателя, опирающимся на подшипники статора. Ни рамы, ни станины измельчитель не имеет, так как его корпус прикреплен к фланцу этого же электродвигателя с лапами. Внутри корпуса 1 расположен ротор 2 с шарнирно подвешенными молотками 3 на осях 4 и прикрепленной к нему классифицирующей решеткой 5. Между решеткой 5 и молотками 3 расположены неподвижные контрножи 6, прикрепленные к крышке 7 корпуса 1. К этой же крышке прикреплен загрузочный бункер 8. Ротор приводится во вращение электродвигателем 9. Разделительная камера 10 предохраняет электродвигатель от попадания в него пыли измельчаемого материала.

Нарубленная виноградная лоза загружается транспортером в бункер измельчителя и поступает в центральную часть ротора. Под действием центробежных сил сырье перемещается к заградительной решетке и измельчается вращающимися молотками. Образующиеся мелкие частицы сырья вылетают через отверстия решетки и удаляются из измельчителя.

В результате обработки опытов нами получены зависимости (1) и (2) для расчета ожидаемой производительности и требуемой мощности на валу измельчителя при переработке загружаемой в него лозы различной плотности, разных исходных размеров кусков и различной необходимой степени измельчения.

Производительность измельчителя определяется по эмпирической зависимости:

$$Q = k \cdot \frac{0,8 \cdot \rho \cdot (D_{cem}^2 - d_{н.п.}^2) \cdot t \cdot z \cdot s \cdot n_p \cdot 60}{i}, \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где: k - коэффициент, зависящий от твердости измельчаемого материала; для лозы его значения могут быть в пределах от 3 до 4,5; ρ , кг/м³ — плотность измельчаемого материала; D_{cem} , м — внутренний диаметр сетчатого

классифицирующего цилиндра; $d_{н.мр.}$, м — диаметр нерабочего пространства камеры измельчения, занятого шарнирным закреплением молотков на осях; $l_{мол.}$, м — длина молота; t , м — шаг размещения молотков на оси; z , шт. — число молотков на одной оси; s , шт. — число осей с расположенными на них молотками; n_p , об/мин — частота вращения ротора; i — степень измельчения материала:

$$i = \frac{V_{ср.мат}}{\delta},$$

$V_{ср.мат}$, мм³ — средний характерный объем куска материала, подлежащего измельчению; δ , мм³ — объем частиц материала после измельчения.

Мощность ($N_{тр}$) на валу ротора измельчителя складывается из следующих составляющих:

$$N_{тр} = (N_{изм} + N_{р.мр} + N_{возд}) K, \quad (2)$$

где: $N_{изм}$ — мощность, расходуемая на измельчение материала; $N_{р.мр}$ — мощность, расходуемая на срезание контрножами слоя уплотненного материала с внутренней поверхности классифицирующего цилиндра и расходуемая на трение контрножей о материал; $N_{возд}$ — мощность, расходуемая на преодоление трения ротора о воздух и на удаление измельченной массы с внутренней поверхности корпуса измельчителя; K — коэффициент запаса мощности.

Мощность, расходуемая на измельчение материала определяется, в основном, соотношением площадей весовых единиц исходного сырья к площади вновь образованной измельченной массы:

$$N_{изм} = \frac{A_{изм} \cdot f_{нач} \cdot i \cdot Q}{3600 \cdot \eta_1 \cdot 1000}, \text{ кВт},$$

где: $A_{изм}$, Дж/см² — удельная работа измельчения материала; находится в пределах от 0,10 до 0,15 Дж/см²; $f_{нач}$, см²/кг — удельная начальная площадь поверхности 1 кг материала до измельчения; i — степень измельчения; Q , кг/ч — производительность измельчения; $\eta_1 = 0,7 \dots 0,8$ — коэффициент полезного действия при измельчении материала.

Мощность, расходуемая на срезание материала и трение контрножей:

$$N_{р.мр} = \frac{A_{р.мр} \cdot Q \cdot f}{3600 \cdot \eta_2 \cdot 1000}, \text{ кВт},$$

$A_{р.мр}$, Дж/см² — удельная работа срезания слоя уплотненного материала; находится в пределах от 0,06 до 0,08 Дж/см²; f , см²/кг — удельная поверхность

срезаемого слоя материала с внутренней поверхности классификатора, приходящаяся на 1 кг материала; определяется толщиной срезаемого слоя – около 1 см и его шириной, равной длине классификатора – $l_{сет}$; $\eta_2 = 0,4...0,45$ – коэффициент полезного действия при срезании и трении.

Мощность, расходуемая на преодоление трения о воздух и на удаление измельченного материала:

$$N_{возд} = 2,6 \cdot 10^{-8} \cdot l_{сет} \cdot D_{ротор}^4 \cdot n_p^3, кВт;$$

где: $l_{сет}$, м – длина сетчатого цилиндра – классификатора; $D_{ротор}$, м – диаметр ротора; n_p , об/мин – частота вращения ротора.

По вычисленному значению потребляемой мощности ($N_{тр}$) определяется загруженность электродвигателя и расход электроэнергии при измельчении лозы.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для получения качественного строительного утеплителя с высокими физико-механическими свойствами с использованием виноградной лозы ее рекомендуется измельчать до размеров 5...20 мм на измельчителе РЗ-ВДМ-20.

Ожидаемую производительность и потребляемую энергию при измельчении виноградной лозы на измельчителе РЗ-ВДМ-20 следует определять, используя зависимости (1) и (2).

2. Технологическая схема по изготовлению лозолита предусматривает использование оборудования, указанного на рис. 1.

3. В зависимости от требуемых физико-механических свойств получаемого лозолита следует использовать один из рекомендуемых составов компонентов, приведенных в таблице 1.

ВЫВОДЫ

1. Лозолит на основе отходов виноградной лозы является качественным конструкционно-теплоизоляционным строительным материалом, обладающим хорошими физико-механическими и тепло-звукоизоляционными свойствами.

2. Использование измельченной виноградной лозы до размеров 5...20 мм позволяет существенно повысить физико-механические свойства получаемого теплоизоляционного материала.

3. Измельчитель-дробилка РЗ-ВДМ-20 позволяет измельчать виноградную лозу до требуемого гранулометрического состава обеспечивая требуемую производительность при небольших энерго- и трудозатратах.

4. Зависимости (1) и (2) позволяют определить две важные характеристики измельчителя — Q и N при измельчении партий лозы, различающихся плотностью и степенью одревенения в зависимости от сроков обрезки кустов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стоянов В.В. Лозолитовые материалы и конструкции. - Издательство «Город мастеров». - Одесса. - 2001. - 134 с.
2. Руководство по проектированию и изготовлению изделий из арболита. - М.: Стройиздат. - 1974. - 88с.
3. Лавринев П.Г. Утилизация промышленных отходов предприятий Крыма. - Симферополь. - «Бизне-Информ». - 2005. - 440с.
4. Корохов В.Г., Бурова И.В. Методика расчета производительности и потребляемой мощности измельчителя для сыпучих стройматериалов. Симферополь. НАПКС. - 2005г., вып. 10.

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR HEAT – INSULATING MATERIALS AND VINE WASTE PRODUCTION

Vladlen Khorohov, Irina Burova, Pavel Lavrenev.

Summary. In this report one of the best ways of solving an ecological problem of current importance is described. The problem lies in usage of agricultural waste specifically – vine waste as initial raw material for insulating material called lozolit. Range of its physicotechnical features depending on dates of cutting vine and ratio of used components is also portrayed. The report depicts technology of deriving lozolit, composition of conveyer, and characteristics of main technological equipment.

Key words: grape-vine, decomposition, mixing, pressing, technology, binding material, heat-insulating, cement.