

**СОЗДАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА ДЛЯ ПРОПИТКИ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ**
CREATION OF A COMPOSITE COMPOSITION FOR IMPREGNATING RAILWAY
SLEEPERS

Бельчинская Л.И., доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

Жужукин К.В., младший научный сотрудник НИИ ИТЛК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

Бушуева А.С., студент 2 курса Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

Жужукин Н.В., преподаватель СПО ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

Belchinskaya L.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia.

Zhuzhukin K.V., Junior Researcher, ITLK Research Institute, Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia.

Bushueva A. S., 2nd year student of the Forestry Faculty of the Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia.

Zhuzhukin N.V., Lecturer, SPO FSBEI VO Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov, Russia, Voronezh

Аннотация. В данной работе показаны этапы разработки экологичного композиционного состава (ПКС) для пропитки железнодорожных шпал из древесины березы, обладающего высокими показателями водо- и влагостойкости. Для исследования выбраны отработанные масла: минеральное моторное, трансмиссионное, подсолнечное, кукурузное. Проводилось сравнение отработанных масел с широко используемой для пропитки железнодорожных шпал нефтяной жидкостью ЖТК-2 по следующим показателям: содержание пропиточного состава; водопоглощение и разбухание пропитанной древесины после 30 суток выдерживания в воде в радиальном и тангенциальном направлениях. По сумме полученных показателей основой ПКС выбрано отработанное минеральное моторное масло (ОММ), в качестве наполнителя предложена мука различных пород древесины (хвойных или лиственных), мука коры дуба, берёзы или сосны. Наибольший эффект получен при введении в ОММ древесной муки хвойных пород (МДХ) в количестве 1% от массы ОММ. При этом содержание пропиточного состава в древесине возрастает от 43% до 70%, водопоглощение снижается (на 63,8%) и разбухание древесины в тангенциальном и радиальном направлениях. При сравнении целевых показателей для масляной композиции

(ОММ+МДХ) и нефтяной жидкости ЖТК-2 установлено, что содержание пропиточной композиции на 10,6% выше, чем для ЖТК-2, водопоглощение снижается на 6,8%.

Summaru. This paper shows the stages of developing an eco-friendly composite composition (PKS) for impregnating railway sleepers made of birch wood, which has high water and moisture resistance. Used oils were selected for the study: mineral engine oil, transmission oil, sunflower oil, corn oil. The used oils were compared with the oil liquid ZHTK-2, which is widely used for impregnating railway sleepers, according to the following indicators: the content of the impregnating composition; water absorption and swelling of the impregnated wood after 30 days of standing in water in the radial and tangential directions. According to the sum of the obtained indicators, the spent mineral engine oil (ОММ) was chosen as the basis of the PKS, flour of various types of wood (coniferous or deciduous), flour of oak, birch or pine bark was proposed as a filler. The greatest effect was obtained when introducing coniferous wood flour (MDH) in the amount of 1% of the mass of the ОММ into the ОММ. At the same time, the content of the impregnating composition in the wood increases from 43 to 70%, water absorption decreases (by 63.8%) and the swelling of the wood in the tangential and radial directions. When comparing the target values for the oil composition (ОММ+МДХ) and the oil liquid ZHTK-2, it was found that the content of the impregnating composition is 10.6% higher than for ZHTK-2, water absorption is reduced by 6.8%.

Ключевые слова: композиционный состав, железнодорожные шпалы, тангенциальное направление, радиальное направление

Keywords: compositional composition, railway sleepers, tangential direction, radial direction

Для железнодорожных и трамвайных путей [1], метрополитенов, подъездов к производственным объектам, лесовозных путей используются, в основном, древесные шпалы [2].

Однако имеется тенденция замены древесных шпал на железобетонные, поскольку они обладают более длительным сроком службы и механически прочнее [3]. Тем не менее, потребность в древесных шпалах по-прежнему остаётся высокой, так как железобетонные шпалы имеют ряд недостатков, не позволяющие использовать их в определённой местности и для определённого климата [4]. К ним относятся большая масса, хрупкость, жесткость, ограниченная коррозионная стойкость, электропроводность [5], высокая стоимость, возможность усталостного разрушения бетона [6]. Поэтому остается актуальным использование в ряде случаев деревянных шпал. Деревянные шпалы, в основном, изготавливают из деловой древесины сосны, запасы которой значительно сократились как в России, так и в мировом масштабе. В связи с этим остается актуальным использование деревянных шпал из лиственных пород древесины, в том числе из березы. Для производства железнодорожных шпал рассматривается древесина берёзы, имеющая низкую стоимость и являющаяся наиболее распространённой древесной породой в России (Европейской части) и в Сибири. В России площади березовых лесов составляют около 80 млн. га с общим запасом деловой древесины около 6 млрд. м³.

Береза – рассеяннососудистая безъядровая порода, она имеет однородную древесину и высокие физико-механические свойства: высокая прочность (особенно при ударных

нагрузках), твёрдость, износостойкость и, благодаря особенностям структуры, она относится к хорошо пропитываемым породам. Плотность берёзы 650 кг/м^3 , а при влажности 12% (670 кг/ м^3), т.е. близкое значение к плотности дуба (670 кг/м^3) и намного больше, чем у распространенной в России сосны (250 кг/ м^3). Для древесины берёзы характерна малая стойкость к гниению, которое развивается благодаря наличию грибка *Nyctomyces suaveolens*. Для увеличения срока службы шпал из мягких лиственных пород, как правило, их подвергают пропитке в частности, масляными составами, предохраняющими древесину от загнивания

Традиционно, древесные шпалы пропитывают каменноугольным маслом. Однако, данное пропиточное масло высоко опасно (второй класс опасности), имеет сравнительно низкую температуру застывания (от -2 до -5°C) и склонность к образованию осадков. Поэтому был разработан более экологичный пропиточный состав ЖТК, который является малоопасным (четвёртый класс опасности) и не имеет приведённых выше недостатков. Однако, этот антисептик гораздо дороже относительно предлагаемого состава, так как одна из фракций состава используется для производства дизельных топлив, также данный состав необходимо фильтровать от механических примесей, что усложняет технологический процесс. Для пропитки древесины большие потенциальные возможности имеют отработанные моторные масла (ОММ), т.к. они обладают антисептическими свойствами, имеют незначительную стоимость, мало опасны (четвёртый класс опасности).

Для определения основного масляного компонента разрабатываемого пропиточного состава исследовали следующие объекты: отработанное моторное масло (ОММ) на основе базового дистиллятного масла; отработанное трансмиссионное масло Лукойл 80W90 ТМ-4 (ОТМ); отработанное подсолнечное масло (ОПМ); отработанное кукурузное масло (ОКМ) и жидкость технологическая консервационная (ЖТК-2).

Проведён выбор масляной основы для разрабатываемой пропиточной композиции. Критериями выбора являются низкая стоимость, доступность, экологичность и высокие антисептические показатели. Оценку пропиточного состава проводили по следующим показателям: содержание пропиточного состава в древесине (ГОСТ 20022.6-93), водопоглощение за 30 суток нахождения в дистиллированной воде (ГОСТ 16483.20-72), разбухание в тангенциальном и радиальном направлениях (ГОСТ 16483.35-88).

Для пропитки готовили образцы древесины размером 20×20 мм в радиальном и тангенциальном направлениях, высотой вдоль волокон 10 мм. Пропитку осуществляли методом «горче-холодных ванн». Пропиточный состав нагревали до температуры 120°C , в который помещали образцы и выдерживали в течение 20 минут, затем переносили в пропиточный состав, имеющий температуру окружающей среды, где пропитка проходила в течение такого же времени (20 минут).

При определении водопоглощения образцы высушивали при 103°C в бюксах до абсолютно сухого состояния, после чего опускали их под эксикаторную вставку и наливали дистиллированную воды выше уровня вставки. Количество поглощенной влаги вычисляли по формуле:

$$W = \frac{m_n - m_1}{m_1 - m} \cdot 100, [\%] \quad (1)$$

где m_n - масса бюкса с образцом, г; m_1 - масса бюкса с образцом в абсолютно сухом состоянии, г; m - масса бюкса, г.

Взвешивание образцов проводили через 1, 10, 30 суток. Образцы, используемые для определения водопоглощения, через определённое время вынимали из эксикатора и измеряли их размеры в тангенциальном и радиальном направлениях с точностью до 0,01 мм. Затем по формулам (2,3) определяли разбухание в тангенциальном и радиальном направлениях.

$$a_t = \frac{L_{tmax} - L_{tmin}}{L_{tmin}} \cdot 100, [\%] \quad (2)$$

$$a_R = \frac{L_{Rmax} - L_{Rmin}}{L_{Rmin}} \cdot 100, [\%] \quad (3)$$

где L_{tmax}, L_{Rmax} - размеры образца после выдерживания в воде 1, 10, 30 суток в тангенциальном (L_{tmax}) и радиальном (L_{Rmin}) направлениях соответственно; L_{tmin}, L_{Rmin} - размеры образца в абсолютно сухом состоянии в тангенциальном и радиальном направлениях соответственно.

Для разработки пропитывающей композиции определяли основной компонент из пяти исследуемых образцов отработанных масел: моторного, трансмиссионного, подсолнечного и кукурузного. Сравнивали полученные данные с наиболее распространённым нефтяным антисептиком для пропитки железнодорожных древесных шпал ЖТК – 2. Оценка проводилась по следующим трём показателям: содержание пропиточного состава, водопоглощение и разбухание в тангенциальном и радиальном направлениях. Полученные данные сведены в таблицу 1.

Разработан композиционный состав для пропитки древесных (древесина березы) железнодорожных шпал на основе отработанного моторного масла (99,0) и древесной муки хвойных пород древесины (1,0) масс. Ч. Основу разрабатываемой пропиточной композиции выбирали из четырёх образцов отработанных масел: моторного, трансмиссионного, кукурузного, подсолнечного. Выбор наполнителя проводился из пяти образцов: древесной муки хвойных и лиственных пород, муки коры дуба, березы, сосны. Эффективность композиционных составов оценивалась по следующим показателям: содержание пропиточного состава в древесине, водопоглощение за 30 суток нахождения в дистиллированной воде разбухание в тангенциальном и радиальном направлениях, которые сравнивали с данными, полученными для наиболее распространённого нефтяного антисептика ЖТК-2. В результате установлено значительное улучшение целевых показателей относительно непропитанной древесины березы и некоторые преимущества при пропитке древесины нефтяным антисептиком ЖТК-2 в сравнении с выбранным составом, включающим отработанное моторное масло и муку хвойных пород.

Таблица 1. Определение типа масляного компонента пропиточного состава

Пропиточный состав	А*	В*	С*	
			С1	С2
Натуральная древесина берёзы	-	83,9	8,5	6,9
ЖТК – 2	59,8	26,9	7,3	6,9
ОММ	43,4	28,8	7,6	6,4
ОТМ	14,7	30,6	10,0	8,3
ОПМ	43,6	35,2	12,7	6,4
ОКМ	50,4	30,8	9,6	6,6

**Примечание: А – содержание пропиточного состава; В – водопоглощение после 30 суток выдерживания в воде; С – разбухание пропитанной древесины после 30 суток выдерживания в воде: С1 – тангенциальное направление; С2 – радиальное направление;*

Пропитывающая жидкость ЖТК проникает в древесину в количестве 59,8%, трансмиссионное масло диффундирует с большими трудностями (14,7%) в результате его более высокой вязкости (таблица 1). Водопоглощение древесины берёзы, пропитанной ЖТК, снижается в 3,1 раза, а при пропитке ОММ – в 2,9 раза по сравнению с натуральными образцами. Снижение водопоглощения при обработке древесины берёзы другими видами масел (ОТМ, ОПМ, ОКМ) находится в диапазоне 2,4-2,7 раза. Разбухание пропитанной древесины после 30 суток выдерживания в дистиллированной воде, в тангенциальном и радиальном направлениях наименьшее также для ЖТК и ОММ (таблица 1). С учётом того, что ОММ является промышленным отходом и по совокупности показателей, представленных в таблице 1, отработанное моторное масло было выбрано в качестве основы для разрабатываемого состава (таблица 1).

Список литературы:

1. Rehder, G.1991: Die Holzschwelle im schienen gebundenen Nahverkehr. Die Holzschwelle Nr. 102: 17–26
2. Fatigue of steel-fibre-reinforcedconcrete prestressed railway sleepers. Parvez, Ahsan; Foster, Stephen James. ENGINEERING STRUCTURES VOL:141 pp.: 241-250.
3. Braun, M. Wooden structures for the railways [Article Holzbauten für die Eisenbahn] (2005) Eisenbahningenieur, 56 (6), pp. 70-74.
4. Du, Q.P. & Geissen, A. Holz als Roh-und Werkstoff (1994) 52: 169. <https://doi.org/10.1007/BF02615215>
5. Anderson, W.F. and Fair, P. (2008), “Behavior of railroad ballast under monotonic and cyclic loading”, J. Geotech. Geoenviron. Eng., 134(3), 316-327
6. Yella S, Ghiamati S, Dougherty M (2009) Condition monitoring of wooden railway sleepers using time-frequency techniques and pattern classification. In: Systems, Man and Cybernetics, 2009. SMC 2009. IEEE International Conference on, Texas, USA, pp 4164–4169

References

1. Rehder, G. 1991: Die Holzschwelle im schienen gebundenen Nahverkehr. Die Holzschwelle Nr. 102: 17-26
2. Fatigue of steel-fiber-reinforcedconcrete prestressed railway sleepers. Parvez, Ahsan; Foster, Stephen James. ENGINEERING STRUCTURES VOL: 141 pp .: 241-250.
3. Braun, M. Wooden structures for the railways [Article Holzbauten für die Eisenbahn] (2005) Eisenbahningenieur, 56 (6), pp. 70-74.
4. Du, Q.P. & Geissen, A. Holz als Roh-und Werkstoff (1994) 52: 169.<https://doi.org/10.1007/BF02615215>
5. Anderson, W.F. and Fair, P. (2008), “Behavior of railroad ballast under monotonic and cyclic loading”, J. Geotech. Geoenviron. Eng., 134 (3), 316-327
6. Yella S, Ghiamati S, Dougherty M (2009) Condition monitoring of wooden railway sleepers using time-frequency techniques and pattern classification. In: Systems, Man and Cybernetics, 2009. SMC 2009. IEEE International Conference on, Texas, USA, pp 4164–4169