



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПАРТИИ, РАЗМЕРОВ И КОЛИЧЕСТВА ТРАНСПОРТНЫХ ПАКЕТОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

С. В. Уголков, Н. А. Слободчиков, А. В. Кириченко

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В настоящей статье представлен расчет оптимальной партии, габаритно-массовых характеристик и потребного числа транспортных пакетов при перевозке карельской березы в «ножевых» брусках и досках. Определяются число и масса брусков на EURO или FIN паллетах, число досок той же кубатуры и рассчитываются транспортные пакеты и штабели досок с учетом реализации максимально возможной грузоподъемности и грузоместимости транспортных средств и контейнеров. Производится выбор и обоснование подвижного состава и его необходимое количество для перевозки рассчитанной партии древесины.

Ключевые слова: карельская береза, березовые бруски, доски, паллеты, транспортные пакеты, подвижной состав, контейнеры.

Для цитирования:

Уголков С. В., Слободчиков Н. А., Кириченко А. В. Определение оптимальной партии, размеров и количества транспортных пакетов при перевозке Карельской березы // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(30), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2021 – с.130-144. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-4-130-144.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL BATCH, SIZE AND QUANTITY OF TRANSPORT PACKAGES FOR THE TRANSPORTATION OF KARELIAN BIRCH

S.V. Ugolkov, N.A. Slobodchikov, A.V. Kirichenko

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

This article presents the calculation of the optimal batch, dimensional and mass characteristics and the required number of transport packages for the transportation of Karelian birch in "knife" bars and boards. The number and weight of bars on EURO or FIN pallets, the number of boards of the same cubic capacity are determined and transport packages and stacks of boards are calculated taking into account the realization of the maximum possible carrying capacity and cargo capacity of vehicles and containers. The choice and justification of the rolling stock and its necessary quantity for transportation of the calculated batch of wood is made.

Keywords: Karelian birch, birch bars, boards, pallets, transport packages, rolling stock, containers.

For citation:

Ugolkov S. V., Slobodchikov N. A., Kirichenko A.V. Determination of the optimal batch, size and quantity of transport packages for the transportation of Karelian birch // System analysis and logistics.: №4(30), ISSN2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2021 – p.130-144. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-4-130-144.

Введение (Introduction)

Под именами сувойчатой березы, свили и наплава разновидность дерева известна и популярна в России с XVIII века. Ценную древесину рассматривали в качестве средства оплаты, наряду с деньгами. Наименование «карельская» было официально получено растением в 1857 г.

Оттенок высушенного массива узорчатой древесины – от шоколадно-коричневого до золотистого, серовато-розового, красноватого, светло-желтого и кремового с перламутровым блеском. Благодаря капам – плотным темным включениям, как будто распыленным по всей структуре дерева, поверхность кажется мраморной. Переплетенные закрученные и волнистые волокна образуют уникальный рельефный рисунок [1].

Ареал произрастания у карельской березы, составляющий малую часть области распространения березы повислой, занимает северо-западную часть России, включая Карелию, Ленинградскую, Ярославскую, Владимирскую, Калужскую, Брянскую области, страны Балтии, Скандинавии, Беларусь и Украину, (рис.1.).



Рис. 1. Карельская береза

Карельская береза – дорогая и востребованная порода, наряду с ценными экзотическими породами розового или красного дерева. Ее редкость, уникальный неповторимый рисунок и высокие технические характеристики определяют стоимость. Цена 1 кубометра материала начинается от 1500 долларов, поэтому чаще продажи осуществляются килограммами [1].

Древесина карельской березы невероятно популярна в ножеделии. На этих ножах рукоятки выполнены из стабилизированных брусков карельской березы. Также из карельской березы изготавливают предметы художественного дизайна, сувенирную продукцию, шкатулки, статуэтки, футляры, портсигары, деревянные детали эксклюзивного спортивного инвентаря, музыкальных инструментов и элитного оружия. Шпон карельской березы применяют в производстве финишных отделочных панелей и в мебельной промышленности.



а) ножи

б) винтовки

в) письменный прибор

Рис.2. Изделия из карельской березы

Основными импортерами российской карельской березы являются Германия, Чехия, Болгария, Монголия, Эстония, ОАЭ. Поставки осуществляются в брусках и досках [2]. Объемы в целом не значительны и редко превышают один-два вагона в месяц, что связано с эксклюзивностью производства и дороговизной изделий. Вместе с тем ввиду ограниченного числа фирм поставщиков и невозможностью их оперативной замены перевозки данной древесины должны осуществляться бесперебойно. В этой связи возникает необходимость рассчитать оптимальную партию древесины в брусках и досках и их комплектация в транспортных пакетах для перевозки различными видами транспорта.

Постановка задачи (Problem statement)

В работе рассматривается перевозка по маршруту Петрозаводск, где находится заготовитель древесины ООО «Олкон» в г. Золинген (Германия), в адрес фирмы Heintz. Böker Baumwerk GmbH, производящей элитные ножи, наборы столовых приборов, мелкую декоративную мебель и сувенирные изделия [3,4]. Объем поставки 1 раз в 2 месяца крытый вагон заполненный «ножевыми» брусками из карельской березы на максимальную грузоподъемность и грузовместимость и 1 раз в 2 месяца поочередно с поставкой брусков 1



полувагон с досками на такой же объем кубатуры древесины. В перевозке участвуют плечи подвоза автомобильным транспортом – тентованный полуприцеп с размещением паллет с брусками или досками того же объема кубатуры древесины на максимальную грузоподъемность и грузовместимость. Необходимо определить число и массу брусков на EURO или FIN паллетах, число досок той же кубатуры и сформировать транспортные пакеты с учетом реализации максимально возможной грузоподъемности и грузовместимости подвижного состава, определить тип транспортных средств их потребное количество.

Определение числа «ножевых» брусков в одноярусном транспортном пакете (Determination of the number of "knife" bars in a single-tier transport package)

Перевозку древесины целесообразно перевозить в отесанных стабилизированных торцевых («ножевых») - для изготовления ножевых рукоятей) брусках. Размеры таких брусков в зависимости от назначения колеблются в пределах 130-170x40-50x30-45 мм [3,4]. В рамках настоящей работы примем, что размер бруска 300x50x35 мм. Данные габариты обусловлены сдвоенным размером по длине «ножевого» бруска, что упрощает расчет и распиловку до нужных размеров потребителю (грузополучателю) по прибытии груза и полного использования грузового пространства брусков на EURO или FIN паллетах.



а) «ножевые» бруски

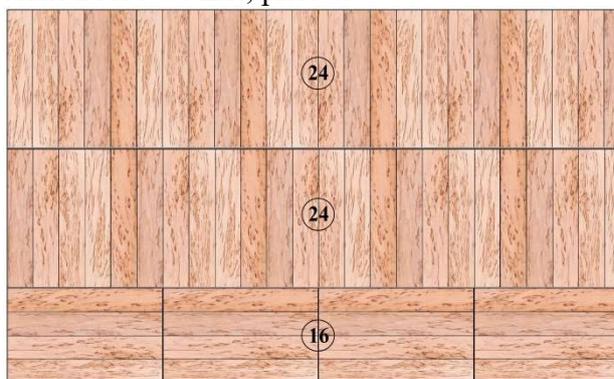


б) обработка бруска под ножевую рукоять

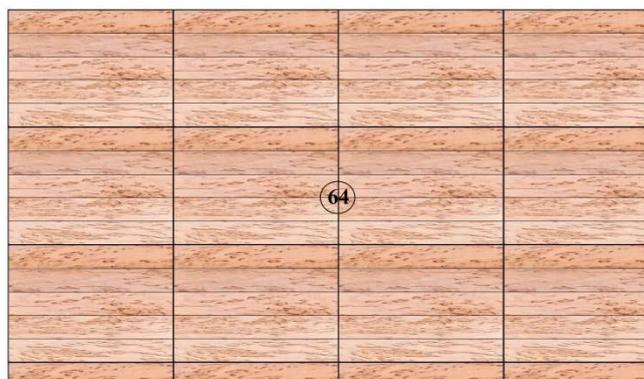
Рис. 3. Бруски карельской березы

Определим количество брусков в транспортном пакете на EURO или FIN паллетах в вагоне или контейнере.

Бруски укладываются на паллеты, после чего формируется транспортный пакет под пленкой, перетянутой стрейч-лентой [5]. Бруски целесообразно размещать согласно ГОСТ 21140-88 Тара. Система размеров [6]. Общее количество брусков на EURO паллете послыжно (800x1200 мм, собственный вес 20 кг, грузоподъемностью 1000 кг) составляет: 1-й слой 24 + 24 + 16 брусков, всего 64 шт.; 2-й слой 4 ряда вдоль и 3 поперек по 5 брусков и 4 бруска вдоль, также всего 64 шт., рис. 4.



а) 1-й слой 24+24+16 брусков, всего 64 шт.



б) 2-й слой 4 ряда вдоль и 3 поперек по 5 брусков и 4 бруска вдоль; всего 64 шт.

Рис. 4. Схема расположения брусков в слоях на EURO паллете



На FIN паллете (1000x1200 мм, собственный вес 24 кг, грузоподъемностью 1200 кг) послонно составляет: 1-й слой 24 + 24 + 32 бруска, всего 80 шт., 2-й слой по 4 ряда вдоль и поперек по 5 брусков, также всего 80 шт., рис. 5 [5,6].



а) 1-й слой 24+24+32 бруска, всего 80 шт.

б) 2-й слой по 4 ряда вдоль и поперек по 5 брусков; всего 80 шт.

Рис. 5. Схема расположения брусков в слоях на FIN паллете

Определим возможное число рядов брусков на паллете. Грузоподъемность EURO паллета составляет 1000 кг, FIN паллета – 1200 кг соответственно. Необходимо определить вес стандартного бруска.

Плотность карельской березы, как и других пород древесины напрямую зависит от содержащейся в ней влаги. В обычных условиях сразу после сруба в осенне-зимний период содержание воды составляет около 20-25%. После предварительного высушивания в течение 1,5-2 недель содержание влаги снижается и достигает 12-15%, при этом плотность березы составляет 650-690 кг/м³. Однако промышленная обработка данной породы дерева, как правило, производится при влажности 8-10% и плотности 700-750 кг/м³. Обработанные и шлифованные бруски имеют влажность 6-8% и плотность 770 кг/м³, при которой и осуществляется их перевозка [1].

Принимая во внимание размеры бруска и его плотность, найдем его массу. Объем бруска 300 · 50 · 35 мм или 0,3 · 0,05 · 0,035 м составляет 0,000525 м³. При плотности 770 кг/м³, его масса 0,000525 · 770 = 0,404 кг.

Тогда вес брусков в одном ряду на EURO паллете составляет 0,404 · 64 = 25,86 кг, на FIN паллете – 0,404 · 80 = 32,32 кг.

Количество рядов на EURO паллете составляет 1000: 25,86= 38,67, т.е. 38 рядов, на FIN паллете – 1200 : 32,32 = 37,13, т.е. 37 рядов.

Принимая во внимание, что высота обоих видов паллет составляет 0,145 м, общая высота груза на EURO паллете, т.е. высота транспортного пакета составляет 0,145 + 0,035 · 38 = 1,475 м, на FIN паллете – 0,145 + 0,035 · 37 = 1,44 м.

Масса транспортного пакета на EURO паллете составляет 20 + 25,86 · 38 = 1002,7 кг, на FIN паллете – 24 + 32,32 · 37 = 1219,8 кг.

Определение числа «ножевых» брусков в двухъярусном транспортном пакете (Determination of the number of "knife" bars in a two-tier transport package)

С целью экономии площади склада или транспортного средства паллеты могут располагаться многоярусно. Для этого применяются сетчатые ограждения. Они предназначены для складирования и транспортировки мелких и среднегабаритных грузов, как упакованных, так и россыпью. Евроограждение может также использоваться для рассортировки различной продукции и для хранения товара в магазине и на складе.



Устанавливается как на поддоны из дерева, так и на поддоны из пластика и металла. Ограждение для поддона имеет размер ячейки сетки 50x50x4 мм или 60x60x4 мм. Диаметр проволоки сетки 4 мм. Толщина металла стоек 2 мм. Наличие одного откидного борта с большей стороны на половину высоты ограждения. Возможно штабелирование до трех ярусов (от трех ярусов и выше дополнительно устанавливаются усиливающие элементы).

Для транспортных пакетов из EURO паллет применяется ограждение для поддонов сетчатое ОС-02-EURO (1000x1200x800). Вес изделия 36 кг, высота сетки 1 м [7]. Для пакетов из FIN паллет используется ограждение для поддонов сетчатое ОС-02-FIN (1000x1200x1000). Вес изделия 41 кг, высота сетки также 1 м, рис. 6.



а) ОС-02-EURO



б) ОС-02-FIN

Рис. 6. Ограждение для поддонов сетчатое

Принимая во внимание, что высота брусков на EURO паллете составляет 1,33 м, на FIN паллете – 1,295 м, данные размеры не позволяют использовать сетчатые ограждения для формирования транспортного пакета в два яруса.

Для использования сеток, имеющих собственную высоту в 1 м необходимо уложить бруски на паллетах в рядах не превышающих по высоте также 1 м. Тогда число рядов на обоих типах паллет составит $1 : 0,035 = 28,57$, т.е. 28 рядов.

Итак, общая высота двухъярусного транспортного пакета составит собственную высоту 2 паллет, высоту сетки и высоту пакета второго яруса по максимальной грузоподъемности, т. е.:

- для EURO паллет – $0,145 \cdot 2 + 1,0 + 1,33 = 2,62$ м;
- для FIN паллет – $0,145 \cdot 2 + 1,0 + 1,295 = 2,585$ м.
- Общее число брусков в двухъярусном транспортном пакете составит:
- для EURO паллет – $64 \cdot 28 + 64 \cdot 38 = 4224$ шт.;
- для FIN паллет – $80 \cdot 28 + 80 \cdot 37 = 5200$ шт.
- Вес груза нетто составит для EURO паллет $4224 \cdot 0,404 = 1706,5$ кг, для FIN паллет – $5200 \cdot 0,404 = 2100,8$ кг.
- Вес двухъярусного транспортного пакета брутто составит:
- для EURO паллет – $1706,5 + 2 \cdot 20 + 36 = 1782,5$ кг;
- для FIN паллет – $2100,8 + 2 \cdot 24 + 41 = 2189,8$ кг.

Определение оптимальной партии загрузки крытого вагона (Determination of the optimal loading batch of a covered wagon)

Для перевозки двухъярусных транспортных пакетов целесообразно использовать крытые вагоны с максимальным объемом кузова, т. е. с длиной погрузочной площадки внутри кузова 17272–17970 мм и грузоподъемностью 64 – 68,8 т, имеющих уширенные дверные проемы. [5,7]. Линейка крытых вагонов, отвечающих данным требованиям достаточно обширна, и



насчитывает около 30 моделей. Однако с целью соблюдения возможности международной перевозки на колею 1435 мм из этих модификаций выбираются вагоны с габаритом не более 1-ВМ. Их основные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Семейство крытых для перевозки транспортных пакетов [8]

Модель	Габарит	Грузоподъемность, т	Объем, м ³	Внутренние размеры кузова (В/Ш/Д), мм	Начало/окончание выпуска
11-6999	1-ВМ	68,0	158,0	2820/2743/17602	2020/
11-7139	1-ВМ	65,7	161,0	3106/2768/17492	2020/
11-9962-01	1-ВМ	68,0	157,5	2820/2747/17117	2016/
11-7038	1-ВМ	68,0	161,0	3106/2790/17462	2014/
11-1807-01	1-ВМ	66,7	165,0	3400/2743/17600	2007/2016

В данной работе для практических расчетов принят крытый универсальный цельнометаллический вагон модели 11-1807-01 из данной линейки с наибольшим объемом кузова, позволяющим вмещать двухъярусный транспортный пакет на обоих типах паллет по высоте. Изготовитель Открытое акционерное общество "Армавирский завод тяжёлого машиностроения" (клеймо 1276). Вагон имеет уширенные дверные проемы, вентиляционные люки в боковых стенах, позволяющие осуществлять необходимое проветривание грузов. Грузоподъемность 66,7 т, объем кузова 165,0 м³, рис.7 [8].



Рис. 7. Крытый цельнометаллический вагон модели 11-1807-01

Исходя из грузоместимости кузова, общее число двухъярусных транспортных пакетов составит:

- для EURO паллет по длине - $17600 : 800 = 22$ в притык, т.е. 21 с учетом крепежных и уплотнительных приспособлений; по ширине – $2743 : 1200 = 2,29$, т.е. 2 единицы; итого $21 \cdot 2 = 42$ единицы.

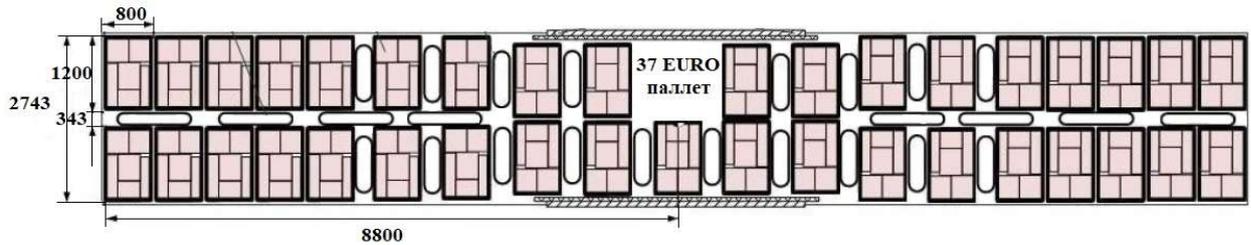
- для FIN паллет по длине - $17600 : 1000 = 17$ с учетом крепежных и уплотнительных приспособлений; по ширине – $2743 : 1200 = 2,29$, т.е. 2 единицы; итого $17 \cdot 2 = 34$ единицы.

Исходя из грузоподъемности вагона, общее число двухъярусных транспортных пакетов составит:

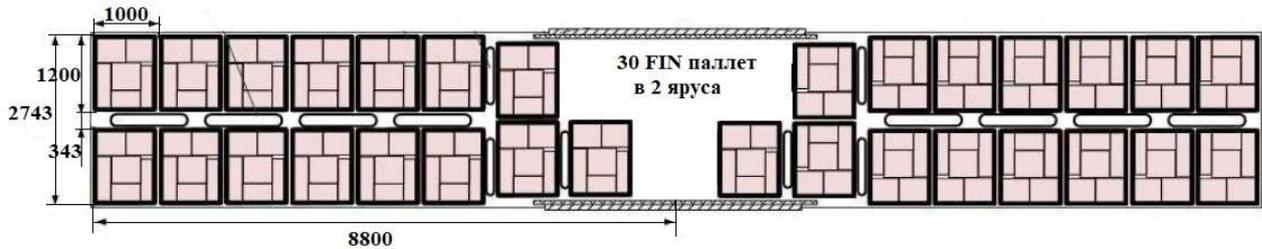
- для EURO паллет – $66700 : 1782,5 = 37,4$, т. е. 37 ед.;

- для FIN паллет – $66700 : 2189,8 = 30,46$, т. е. 30 ед.

Размещение двухъярусных транспортных пакетов представлено на рис. 8.



а) Размещение 37 EURO паллет в 2 яруса



б) Размещение 30 FIN паллет в 2 яруса

Рис. 8. Размещение двухъярусных транспортных пакетов в крытом вагоне модели 11-1807-01

Общее число двухъярусных транспортных пакетов на EURO паллетах составляет 37 единиц по 18 и 19 единиц в ряду [5]. Тогда масса всех транспортных пакетов нетто составит $1706,5 \cdot 37 = 63140,5$ кг (156288 брусков), брутто $1782,5 \cdot 37 = 65952,5$ кг.

Общее число двухъярусных транспортных пакетов на FIN паллетах составляет 30 единиц по 14 и 16 единиц в ряду. Тогда масса всех транспортных пакетов нетто составит $2100,8 \cdot 30 = 63024$ кг (156000 брусков), брутто $2189,8 \cdot 30 = 65694$ кг.

Таким образом, наиболее целесообразным способом перевозки является размещение транспортных пакетов на 37 EURO паллетах в вагоне, объемом поставки 63140,5 кг или 156288 брусков или $156288 \cdot 0,000525 = 82,05$ м³. Этот объем загрузки крытого вагона примем в качестве оптимальной партии древесины для последующих расчетов размеров и числа транспортных пакетов в полувагоне, контейнере и автомобильном полуприцепе.

Определение состава транспортных пакетов из досок в полувагоне (Determination of the composition of transport packages from boards in a gondola car)

Для изготовления более крупных изделий из карельской березы: мебель, шпон, декоративные поделки, элементы наличного орнамента и детали оружия применяются доски, рис.9.



а) штабели досок в вагонах



б) роспуск доски на винтовочное ложе



Рис. 9. Доски из карельской березы

Размеры досок определяются структурой древесины и их конечным назначением и колеблются в пределах 2000-5000x50-300x15-50 мм [2-4]. Однако длинные, более 3 м, особенно обрезные доски из карельской березы большая редкость и имеют высокую стоимость. Это связано с сильной естественной кривизной ствола данного дерева.

Поэтому в данной работе приняты усредненные размеры доски 3000x150x35 мм. Кубатура такой доски составляет $3 \cdot 0,15 \cdot 0,035 = 0,01575 \text{ м}^3$, а ее масса $0,01575 \cdot 770 = 12,13 \text{ кг}$. Также можно утверждать, что в объеме одной доски размещается 30 брусков принятого размера. Тогда, исходя из объема поставки можно рассчитать количество досок: $82,05 : 0,01575 = 5209,5$, т.е. 5210 шт. или $63140,5 : 12,13 = 5205,3$ т.е. 5206 шт. или $156288 : 30 = 5209,6$, т.е. 5210 шт. Итак общее число досок примем 5210 шт.

Доски перевозятся на специализированных платформах и в полувагонах, размеры которых по длине 12-14 м и шириной до 3 м [8,9]. Наличный парк таких вагонов довольно обширен, тем не менее, дешевле использовать не специализированный подвижной состав, а полувагоны общего парка, желательно глуходонные с глухими кузовами. Характеристики некоторых моделей таких вагонов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Полувагоны пригодные для перевозки лесоматериалов [8]

Модель	Габарит	Грузоподъемность, т	Объем, м ³	Внутренние размеры кузова (В/Ш/Д), мм	Начало/окончание выпуска
12-6708-02	1-ВМ	69.5	90,0	2376/2992/12690	2020/
12-2143	1-ВМ	77.0	94,0	2460/3006/12700	2015/
12-9869-1618	1-ВМ	77.0	98,0	2561/2986/12780	2015/
12-9833-01	1-ВМ	71.5	92,0	2425/2986/12780	2013/
12-5190	1-ВМ	77.0	95.0	2530/2962/12772	2016/

Анализ данных таблицы показывает, что наиболее подходящим вариантом для перевозки является модель 12-2143. Полувагон универсальный глуходонный с глухим кузовом, грузоподъемность 77,0 т, объем кузова 94,0 м³. Разработчик АО Алтайского вагоностроения (клеймо 22), рис. 10 [8].



Рис. 10. Полувагон с глухим кузовом модель 12-2143

Для размещения досок данного размера в полувагоне их штабелируют. Число штабелей по длине 4 шт в 2 ряда по ширине и 2 по высоте, т.е. всего 16 штабелей в полувагоне. Число досок в штабеле будет равно $5210 : 16 = 325,6$, т.е. по 325 досок в каждом штабеле. Остальные 10 досок укладываются сверху верхних ярусов штабелей. Каждый штабель делится на 3 пачки в высоту, перевязанные стрейч лентой. В каждой пачке в ширину (она же и ширина штабеля) укладывается 9 досок, в высоту пачка имеет 12 досок. Таким образом, в пачке насчитывается 108 досок. При такой укладке от каждого штабеля остается не упаковано по 1 доске, которые также будут уложены сверху верхних ярусов штабелей. Таким образом, сверху штабелей



будет уложено 26 досок. Снизу и между штабелями укладываются подкладки размером 50x150 мм [9].

Таким образом, общая высота всех отправляемых пиломатериалов в вагоне будет равна $50 + 35 \cdot 12 \cdot 3 + 50 + 35 \cdot 12 \cdot 3 + 35 = 2655$ мм, рис 11.



Рис.11. Размещение 16 штабелей из досок, размером 3000x150x35 в полувагоне модели 12-2143

Определение максимальной загрузки контейнеров «ножевыми» брусками или досками (Determination of the maximum loading of containers with "knife" bars or boards)

При перевозке тарно-штучных грузов, в том числе грузов на поддонах широко применяются контейнеры. Необходимо определить тип и потребное количество контейнеров и наиболее экономически выгодный вариант перевозки древесины в EURO паллетах либо FIN паллетах или в досках. Из имеющихся типов контейнеров для двухъярусных транспортных пакетов приемлемыми будут с внутренними размерами по высоте не менее 2,585 м. Кроме того необходимы типы контейнеров с наибольшей грузоподъемностью и грузоместимостью. Основные характеристики контейнеров, отвечающий данным требованиям в таблице 3 и на рис.12 [10].

Таблица 3-Основные характеристики контейнеров [10]

Параметры	40-футовый высокий широкий (High Cube Pallet Wide)	45-футовый высокий широкий (High Cube Pallet Wide) 9'6" (2,90м)
	40' HCPW	45' HCPW
Размеры внешние		
Длина, мм	12192	13716
Ширина, мм	2500	2500
Высота, мм	2896	2896
Размеры внутренние		
Длина, мм	12032	13513
Ширина, мм	2432	2444



Высота, мм	2698	2670
------------	------	------

Продолжение таблицы 3

Характеристика		
max Брутто, кг	30480-35000	34000
Масса тары, кг.	4200-4400	4250-5080
Грузоподъемность, кг.	26280-30720	28920-29750
Объем, куб.м	78,8-79,3	88,7-89,5
Количество вмещаемых европаллет (1200x800 мм), шт	30	33



Рис.12. Контейнеры типов 40' HCPW (слева) и 45' HCPW

Исходя из грузоподъемности контейнеров найдем предельное число двухъярусных транспортных пакетов:

40' HCPW

- для EURO паллет – $30720 : 1782,5 = 17,23$, т.е. 17 шт.;
- для FIN паллет - $30720 : 2189,8 = 14,03$, т.е. 14 шт.

45' HCPW

- для EURO паллет – $29750 : 1782,5 = 16,69$, т.е. 16 шт.;
- для FIN паллет - $29750 : 2189,8 = 13,59$, т.е. 13 шт.

- Сравним массу нетто груза на различных паллетах для 40' HCPW:

- для EURO паллет – $17 \cdot 1706,5 = 29010,5$ кг;
- для FIN паллет - $14 \cdot 2100,8 = 29411,2$ кг.

Таким образом, несмотря на большую грузовместимость контейнера 45' HCPW экономичнее использовать вариант загрузки контейнера 40' HCPW 14 двухъярусными транспортными пакетами на FIN паллетах в составе 72800 брусков.

Общий объем поставки составляет 63140,5 кг (156288 брусков), тогда потребуется 2,15 контейнеров 40' HCPW с 14 пакетами на FIN паллетах. Остаток после погрузки 2 контейнеров



составит 10688 брусков. Их можно разместить на 2 FIN паллетах по 5200 брусков с остатком 288 брусков.

Также в данных контейнерах можно перевозить карельскую березу в досках принятых в работе размеров. Исходя из длины контейнеров можно предположить, что его небольшое увеличение в контейнере 45' НСРВ не играет роли при перевозке досок, больше их не вместится, а увеличенная грузоподъемность контейнера 40' НСРВ позволяет выделить его в приоритетный вариант для перевозки [5]. Его длина 12032 мм соответствует вместимости 4 штабелей досок вдоль контейнера.

Исходя из грузоподъемности контейнера найдем предельное число досок - $30720: 12,13 = 2532,56$ шт. Из грузоместимости количество досок - $79,3: 0,01575 = 5034,9$ шт. Принимаем меньшую величину по грузоподъемности.

Однако учитывая необходимое число подкладок и упоров можно предположить, что число досок будет меньшим. Схема формирования транспортных пакетов в контейнере будет аналогична как в полувагоне [9]. Сформируем 16 штабелей. Для удобства их формирования примем общую величину досок 2464 шт. Тогда в штабеле должно быть по 154 доски. Исходя из внутренней ширины контейнера число досок в ширину штабеля равно 7 шт. Тогда в высоту можно уложить 22 доски.

Исходя из ширины и высоты доски 150 мм и 35 мм соответственно, размер штабеля тогда составит 3000x1050x770 мм. Общий вес штабеля составит $154 \cdot 12,13 = 1868$ кг. Общая высота груза в контейнере будет состоять из высоты двух штабелей, высоты подкладок с пола и между штабелями по 50 мм. Итак, высота составит $50 \cdot 2 + 770 \cdot 2 = 1640$ мм. Общий тоннаж груза нетто будет составлять $2464 \cdot 12,13 = 29888,32$ кг. К сожалению, для перевозки общего количества досок 5210 шт. двух контейнеров по 2464 будет недостаточно. В идеальном случае нужно было размещать в контейнере по 2605 шт., но этому мешает недостаточная грузоподъемность контейнера. Таким образом, потребное число контейнеров будет $5210: 2464 = 2,11$ шт. Общее число досок в третьем контейнере будет составлять $5210 - 2464 \cdot 2 = 282$ шт.

Общий остаток всей перевозки можно объединить в одном контейнере типа 20' РВ или 20' НС в составе четырех FIN паллет по 2960 брусков в один ярус и 288 досок.

Определение максимальной загрузки автомобильного тентованного полуприцепа (Determination of the maximum load of an automobile awning semi-trailer)

Для перевозки автомобильным транспортом целесообразно использовать седельный тягач Mercedes-Benz 3341 S грузоподъемность 23523 кг и тентованный полуприцеп Kogel Cargo SN24 P 90-1.110 [11,12]. Полуприцеп имеет грузоподъемность 24000 кг, внутренний объем кузова 91,2 м³, внутренние размеры длина, ширина, высота 13 620x2 480x2700 мм, рис. 13 [12].



а) седельный тягач Mercedes-Benz 3341 S б) полуприцеп Kogel Cargo SN24 P 90-1.110

Рис. 13. Автомобильное транспортное средство для перевозки пиломатериалов из карельской березы



Площадь пола полуприцепа равна $13620 \cdot 2480 = 33,78 \text{ м}^2$. Тогда грузоподъемность паллет будет равна [5]:

- для EURO паллет – $33,78 : 1,2 \cdot 0,8 = 35,19 = 35$ паллет;
- для FIN паллет – $33,78 : 1,2 \cdot 1,0 = 28,15 = 28$ паллет.

Исходя из грузоподъемности полуприцепа, расчетную массу пиломатериалов в полуприцепа можно принять 22 тонны. Тогда число паллет в полуприцепа можно разместить:

- для EURO паллет – $22000 \cdot 1782,5 = 12,3 = 12$ паллет;
- для FIN паллет – $22000 \cdot 2189,8 = 10,05 = 10$ паллет.

– Вес брутто паллет в полуприцепа будет равен:

- для EURO паллет – $12 \cdot 1782,5 = 21390$ кг;
- для FIN паллет – $10 \cdot 2189,8 = 21898$ кг.

– Вес нетто груза в полуприцепа будет равен:

- для EURO паллет – $12 \cdot 1706,5 = 20478$ кг;
- для FIN паллет – $10 \cdot 2100,8 = 21008$ кг.

Таким образом, целесообразно перевозить груз в 10 FIN паллетах. Поскольку общая поставка составляет 156288 брусков, а на паллете размещается 5200 брусков, общее количество паллет составит 30 штук с остатком 288 брусков. Поэтому для общей перевозки потребуется 3 ездки машины по 10 паллет. В последней машине будет размещена дополнительно одна паллета с 288 брусками. Грузоподъемность и грузоподъемность машины позволяет взять этот дополнительный груз.

При перевозке досок необходимо найти их предельно возможное число в автомобиле. Исходя из грузоподъемности полуприцепа число досок – $22000 : 12,13 = 1813,7$ шт. Из грузоподъемности количество досок – $91,2 : 0,01575 = 5790,47$ шт. Принимаем меньшую величину по грузоподъемности. В автомобиле есть резерв грузоподъемности в 1523 кг, и грузоподъемности, поэтому снижать число укладываемых досок из-за упаковочного материала нет смысла. Тем не менее, общее число досок составляет 5210 шт. Исходя из возможного числа досок в одной машине ясно, что потребное число рейсов будет 3. Определим равное число досок в каждой машине: $5210 : 3 = 1736,7$, т. е. 1736 штук.

Внутренняя длина полуприцепа 13620 мм соответствует вместимости 4 штабелей досок вдоль пола. Сформируем 8 штабелей. Исходя из общего объема досок 1736 штук, в каждом штабеле 217 досок. Так как внутренняя ширина полуприцепа 2480 мм, досочные прокладки между штабелями и стенками кузова и между самими штабелями шириной 50 мм, расстояние для штабелей равно $(2480 - 150) : 2 = 1165$ мм. Тогда число досок в ширину штабеля равно $1165 : 150 = 7,77$, т. е. 7 досок. В этой связи досок в штабеле в высоту $217 : 7 = 31$ шт. Итого общее число штабелированных досок $1736 \cdot 3 = 5208$ шт. То есть в последнюю машину нужно загрузить дополнительно 2 доски сверху штабеля.

Заключение (Conclusion)

Таким образом, в ходе расчетов было определено:

Перевозка осуществляется в стабилизированных обточенных «ножевых» брусках размером 300x50x35 мм и массой 0,404 кг.

На EURO паллете в 1 ряду размещается 64 бруска, число рядов 38, всего 2432 бруска, вес нетто 982,68 кг; на FIN паллете в 1 ряду по 80 брусков, число рядов 37, всего 2960 брусков, вес нетто 1195,84 кг

Общее число брусков в двухрусном транспортном пакете составит: для EURO паллет 4224 шт.; для FIN паллет 5200 шт.

Вес груза нетто составит для EURO паллет 1706,5 кг, для FIN паллет – 2100,8 кг. Вес двухрусного транспортного пакета брутто составит: для EURO паллет 1782,5 кг; для FIN паллет 2189,8 кг.

Для перевозки брусков используются крытые вагоны модели 11-1807-01.



Общее число двухъярусных транспортных пакетов на EURO паллетах составляет 37 единиц по 18 и 19 единиц в ряду. Тогда масса всех транспортных пакетов нетто составит 63140,5 кг (156288 брусков), брутто 65952,5 кг.

Общее число двухъярусных транспортных пакетов на FIN паллетах составляет 30 единиц по 14 и 16 единиц в ряду. Тогда масса всех транспортных пакетов нетто составит 63024 кг (156000 брусков), брутто 65694 кг.

Таким образом, наиболее целесообразным способом перевозки является размещение транспортных пакетов на 37 EURO паллетах в вагоне, объемом 82,05 м³.

Для изготовления более крупных изделий из карельской березы перевозятся доски. Доски перевозятся в полувагоне универсальном глуходонном с глухим кузовом, модели 12-2143, грузоподъемностью 77,0 т, объемом кузова 94,0 м³.

Размеры досок 3000x150x35 мм. Кубатура такой доски составляет 0,01575 м³, а ее масса 12,13 кг. В объеме одной доски размещается 30 брусков принятого размера. Общая кубатура перевозимых в полувагоне досок равна кубатуре брусков в крытом вагоне. Общее число досок 5210 шт., их общая масса 63197,3 кг.

Число штабелей досок по длине 4 шт в 2 ряда по ширине и 2 по высоте, т. е. всего 16 штабелей в полувагоне. Число досок в штабеле будет равно 325 штук. Каждый штабель делится на 3 пачки в высоту, перевязанные стрейч лентой. В пачке насчитывается 108 досок. Сверху штабелей укладываются 26 досок, не вошедших в штабель. Общая высота всех отправляемых пиломатериалов в вагоне будет равна 2655 мм.

Для перевозки брусков или досок целесообразно использовать также контейнера типа 40' НСРW. Общий объем поставки потребует 2,15 контейнеров 40' НСРW с 14 пакетами на FIN паллетах. Остаток после погрузки 2 контейнеров составит 10688 брусков. Их можно разместить на 2 FIN паллетах по 5200 брусков с остатком 288 брусков.

Также в данных контейнерах можно перевозить карельскую березу в досках принятых в работе размеров. Формируется 16 штабелей из общей величину досок 2464 шт. Тогда в штабеле должно быть по 154 доски. Исходя из внутренней ширины контейнера число досок в ширину штабеля равно 7 шт. Тогда в высоту можно уложить 22 доски.

Размер штабеля тогда составит 3000x1050x770 мм. Общий вес штабеля 1868 кг. Общая высота груза в контейнере составит 1640 мм. Общий тоннаж груза нетто будет составлять 29888,32 кг. Потребное число контейнеров будет 2,11 шт. Общий остаток всей перевозки можно объединить в одном контейнере типа 20' РW или 20' НС в составе четырех FIN паллет по 2960 брусков в один ярус и 288 досок.

Для перевозки автомобильным транспортом целесообразно использовать седельный тягач Mercedes-Benz 3341 S грузоподъемность 23523 кг и тентованный полуприцеп Kogel Cargo SN24 P 90-1.110.

Расчетная масса пиломатериалов в полуприцепе 22 тонны. Таким образом, целесообразно перевозить груз в 10 двухъярусных FIN паллетах. Общее количество паллет составит 30 штук с остатком 288 брусков. Поэтому для общей перевозки потребуются 3 ездки машины по 10 паллет. В последней машине будет размещена дополнительно одна паллета с 288 брусками.

При перевозке досок в полуприцепе их равное число в каждой машине составит 1736 штук. Формируется 8 штабелей. Исходя из общего объема досок 1736 штук, в каждом штабеле 217 досок. Число досок в ширину штабеля равно 7 штук. В этой связи досок в штабеле в высоту 217: 7 = 31 шт. Итого общее число штабелированных досок 5208 шт. То есть в последнюю машину нужно загрузить дополнительно 2 доски сверху штабеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

1. Карельская береза — дерево с уникальной древесиной. [Электронный ресурс]. URL: <https://derevo-s.ru/drevesina/listvennye/karelskaya-bereza>. (дата обращения: 01.12.2021).



2. Интернет-магазин. Древесина, карельская береза. [Электронный ресурс]. URL: <https://woodmart.org/ot-k-do-l/karelskaya-bereza/>. (дата обращения: 01.12.2021).
3. Производители карельской березы. [Электронный ресурс]. URL: <https://exportv.ru/zavod/karelskaya-bereza-ot-proizvoditelya.html>. (дата обращения: 02.12.2021).
4. Продажа карельской березы на экспорт. [Электронный ресурс]. URL: <https://exportv.ru/vivoz/karelskaya-bereza-na-export#buy>. (дата обращения: 02.12.2021).
5. Уголков С.В., Майоров Н.Н. Предложения по организации перевозки чая листового из Индии в Санкт-Петербург. Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – Иркутский филиал ФГБОУ ВО «МГТУ ГА» - 2021. – № 2. С.24-35–DOI 10.51955/2312-1327_2021_2_24
6. ГОСТ 21140-88 Межгосударственный стандарт. Тара. Система размеров. ИПК Издательство стандартов, 2005. – 15 с.
7. Ограждение для поддонов сетчатое ОС-02-EURO. [Электронный ресурс] URL: <https://afinity.kz/p54391166-ograzhdenie-dlya-poddonov.html>. (дата обращения 06.12.2021)
8. Вагон.by: [Электронный ресурс]: сайт о вагонном парке и вагонном хозяйстве. - Текстовые дан. и фот. URL: <http://ru.wikipedia.org/> (дата обращения 07.12.2021)
9. Уголков С.В., Майоров Н.Н. Определение перегрузочной способности железнодорожной станции и мероприятия по ее обеспечению в необходимом объеме установкой временных погрузочно-выгрузочных устройств. Строительные материалы и изделия. Изд-во ФГБОУ ВО «БГТУ им. В.Г.Шухова» - 2021. Том 4. № 1. С.35-44. ISSN 2618-7183 DOI:10.34031/2618-7183-2021-4-1-35-44
10. ГОСТ 18477-79. Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры. М.: Издательство Стандартов. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14.09.79 № 3572
11. Краткий обзор, описание. Тягач седельный Mercedes-Benz Actros 3341 S [Электронный ресурс]. URL: https://gruzovoy.ru/catalog/technic/type/tyagachi_sedelnie/mercedes (дата обращения 07.12.2021)
12. Краткий обзор, описание. Тентовый полуприцеп Cargo SNCS 24 P 90-1.110 производства Kogel. [Электронный ресурс]. URL: https://gruzovoy.ru/catalog/technic/kogel_cargo_sn_24_p_90-1110. (дата обращения 07.12.2021)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Уголков Сергей Вячеславович -

кандидат военных наук, доцент, доцент кафедры
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: uglkvserg@mail.ru

Слободчиков Николай Александрович -

профессор, кандидат военных наук, профессор кафедры
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: kola_slob@mail.ru



Кириченко Александр Викторович -

профессор, доктор технических наук, профессор кафедры
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: a.v.kirichenko@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ugolkov Sergey Vyacheslavovich —

PhD. milit. Sciences, associate Professor, associate Professor
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: uglkvserg@mail.ru

Slobodchikov Nikolay Aleksandrovich -

Professor, PhD. milit. Sciences, Professor of the Department
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: kola_slob@mail.ru

Kirichenko Alexander Viktorovich -

Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: a.v.kirichenko@mail.ru