

К вопросу об использовании визуальной и машинной сортировки пиломатериалов

Н.В. Линьков

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Аннотация: В статье проводится сравнительная оценка возможностей визуальной и машинной сортировки пиломатериалов. Отмечено, что в условиях исчерпания лесных ресурсов визуальная сортировка пиломатериалов по критериям ГОСТ 8486 не может гарантировать прочностных показателей, соответствующих назначаемому сорту древесины, в то время как машинная сортировка позволяет проводить объективную сортировку древесины по нормированным величинам прочности, модуля упругости и плотности, по заданным нижним границам их нормативных значений. На примере древесины второго сорта (класс прочности С24) рассмотрено влияние статистического разброса данных на браковочный минимум, назначаемый при машинной сортировке пиломатериалов.

Ключевые слова: древесина, пиломатериалы, визуальная сортировка, машинная сортировка, браковочный минимум, нормативное сопротивление, классы прочности, коэффициент вариации, контроль прочности.

Конструкционная древесина – естественный строительный материал с ярко выраженными реологическими свойствами, прочностные характеристики которого снижаются с течением времени в зависимости от режима действия нагрузки [1-3]. При расчете строительных деревянных конструкций данное явление учитывалось введением к исходной величине расчетного сопротивления коэффициентов условия работы m_d , величина которых составляла от $m_d=0,8$ для постоянных и длительной доли временных нагрузок до $m_d=1,2$ для кратковременных монтажных и ветровых нагрузок, и

$m_d = 1,4$ - для сейсмических нагрузок. Впервые в нормативных документах по проектированию деревянных конструкций в СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80» расчетные сопротивления древесины для всех видов напряженного состояния даны для режима нагружения, соответствующего линейно возрастающей нагрузке при стандартных машинных испытаниях [4, 5]. Для отсортированной по сортам древесины влажностью 12 %, расчетное сопротивление без учета произведения коэффициентов условий работы Πm_i и при сроке эксплуатации до 50 лет, определяют по формуле:

$$R^p = R^A \times m_{дл}$$

где $m_{дл}$ – коэффициент длительной прочности, соответствующий длительности режима загрузки;

R^A – расчетное сопротивление древесины для режима нагружения линейно возрастающей нагрузкой при стандартных машинных испытаниях. Определяется с доверительной вероятностью (обеспеченностью) 0,99.

Визуальная сортировка пиломатериалов, проводимая по требованиям ГОСТ 8486-86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия» и применяющаяся до настоящего времени в деревообрабатывающей промышленности, основана на нормах ограничения пороков и позволяет разделить деловую древесину для строительных конструкций на три сорта по внешним признакам, в том числе по наличию, расположению, количеству сучков, наличию и длине разного вида трещин, наличию косослоя, сердцевины, грибных поражений, червоточины, механических повреждений, дефектов распиловки (риски, волнистость, вырыв), покоробленности продольной и поперечной. В условиях исчерпания лесных ресурсов, когда в

качестве деловой древесины производят заготовку леса возрастом 50 лет и менее, визуальная сортировка пиломатериалов по критериям ГОСТ 8486 не может гарантировать прочностных показателей, соответствующих назначаемому сорту древесины.

В отличие от визуальной, машинная сортировка, представляющая собой машинный способ контроля прочности пиломатериалов, осуществляется на основе непосредственной оценки физических характеристик деревянных элементов, например, по принципу «прогиб – модуль упругости при изгибе [6] – сопротивление изгибу». Это позволяет проводить объективную сортировку древесины по нормированным величинам прочности, модуля упругости и плотности, по заданным нижним границам их нормативных значений для каждого класса прочности.

Для отсортированной по классам прочности древесины расчетное сопротивление R^p при тех же условиях определяют по формуле:

$$R^p = R^H \cdot m_{дд} / \gamma_m ,$$

где R^H - нормативная прочность материала, МПа, определенная с обеспеченностью 0,95;

γ_m - коэффициент надежности по материалу, который в зависимости от вида напряженного состояния составляет от $\gamma_m=1,15$ для сжатия и смятия вдоль волокон до $\gamma_m=1,4$ для растяжения поперек волокон.

Коэффициент надежности по материалу определяется из условия перехода от обеспеченности 0,95 для R^H к обеспеченности 0,99 для R^p по формуле:

$$\gamma_m \geq (1 - \eta_n \cdot \nu) / (1 - \eta_p \cdot \nu),$$

$\eta_n=1,65$ - квантиль в предполагаемой статистической функции распределения с обеспеченностью 0,95;

$\eta_{\alpha} = 2,33$ - квантиль в предполагаемой статистической функции распределения с обеспеченностью 0,99;

ν - коэффициент вариации, который в зависимости от вида напряженного состояния составляет от $\nu=0,13$ для сжатия и смятия вдоль волокон до $\nu=0,25$ для растяжения поперек волокон.

Средние значения коэффициентов вариации и коэффициентов надежности по материалу для различных видов напряженного состояния представлены в СП 64.13330.2017.

Согласно ГОСТ 33080-2014 «Конструкции деревянные. Классы прочности конструкционных пиломатериалов и методы их определения», партия пиломатериала считается соответствующей требуемому классу прочности, если соблюдается условие:

$$\frac{X-L}{S} \geq K_S \quad (1)$$

где X – среднее арифметическое значение свойства пиломатериала (выборочное среднее);

L – заданная нижняя граница нормативного значения свойства. Это минимальная величина прочности для данного класса, установленная с обеспеченностью 0,95;

S – среднее квадратичное отклонение значений свойства пиломатериала;

K_S - контрольный норматив для выборки. Согласно ГОСТ 33080-2014 контрольный норматив K_S для выборки образцов объемом 30 штук при нормальном и усиленном контроле прочности составляет 1,36 и 1,55 соответственно.

Поскольку древесина обладает высокой изменчивостью исследуемых свойств, рассмотрим на примере изгиба влияние коэффициента вариации по указанному выше условию (1) на оценку соответствия партии пиломатериала требуемому классу прочности, соответствующему наиболее востребованному второму сорту древесины. Согласно ГОСТ 57031-2016 «Конструкции деревянные строительные. Правила сортировки по прочности пиломатериалов», второму сорту древесины по ГОСТ 8486 соответствует класс прочности С24.

Для изгиба древесины с классом прочности С24 основные характеристики представлены в таблице 1.

Таблица №1

Характеристики конструкционной древесины класса прочности С24 для выборки объемом 30 штук (по данным СП 64.13330.2017)

№	Характеристика	Обозначение	Величина
1	Коэффициент вариации	v	0,15
2	Коэффициент надежности по материалу	γ_m	1,2
3	Нижняя граница нормативного значения свойства (минимальная величина прочности для данного класса, установленная с обеспеченностью 0,95), МПа	L	24
4	Среднее арифметическое значение свойства пиломатериала, МПа	X	33
5	Контрольный норматив для нормальной выборки образцов объемом 30 штук	K_S	1,36
6	Контрольный норматив для усиленной выборки образцов объемом 30 штук	K_S	1,55

Когда при изгибе временное сопротивление (среднее арифметическое значение сопротивления изгибу) пиломатериала составляет $X=33$ МПа, коэффициент вариации $\nu = 15\%$, среднее квадратичное отклонение S определим по формуле:

$$S = X \cdot \nu = 33 \cdot 15 / 100 = 4,95 \text{ МПа.}$$

Тогда проверка условия (1) составит:

$$\frac{X - L}{S} = \frac{33 - 24}{4,95} = 1,818 > K_S = 1,36$$

Выполнение условия (1) подтверждает, что при силовой сортировке партии пиломатериалов с браковочным минимумом (нормативным сопротивлением) $R_n=24$ МПа и временным сопротивлением изгибу $R_{вр} = 33$ МПа, при коэффициенте вариации по результатам испытаний не менее $\nu = 15\%$ партия проверяемого пиломатериала считается соответствующей требуемому классу прочности. Известно, что в соответствии с зависимостью:

$$R_n = R_{сп} \times (1 - \eta_n \cdot \nu),$$

где $\eta_n = 1,65$, с увеличением разброса данных и увеличением вариационного коэффициента ν величина нижней границы одностороннего доверительного интервала (величина нормативного сопротивления с обеспеченностью 0,95) снижается и не должна быть меньше браковочного минимума. Из расчетов, результаты которых представлены в таблице 2, следует, что максимальное значение коэффициента вариации, при котором требуемый браковочный минимум не превышает нижней границы одностороннего доверительного интервала, составляет $\nu = 16,5\%$. При этом условие (1) выполняется с

запасом 21,5% и партия проверяемого пиломатериала считается соответствующей классу прочности С24.

Таблица №2.

Влияние коэффициента вариации на соответствие партии пиломатериала
требуемому классу прочности

№	Характеристика	Результаты вычислений				
		0,15	0,155	0,160	0,165	0,170
1	Коэффициент вариации v	0,15	0,155	0,160	0,165	0,170
2	Среднее арифметическое значение свойства пиломатериала X , МПа	33				
3	Нижняя граница нормативного значения L , МПа	24				
4	Среднее квадратичное отклонение S , МПа	4,95	5,12	5,28	5,45	5,61
5	Проверка по условию (1)	1,82	1,76	1,71	1,65	1,60
6	Контрольный норматив K_s	1,36				
7	Резерв по условию (1) %	33,7	29,4	25,3	21,5	18,0
8	Нормативное сопротивление изгибу R_n , МПа	24,8	24,7	24,4	24,0	23,7

Машинная сортировка пиломатериалов по классам прочности позволит при определении расчетных сопротивлений отказаться от коэффициента $m_{тн}$, учитывающего породу древесины в основанных на визуальной сортировке, более ранних редакциях норм, включая СНиП II-25-80 и СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции». Применяя машинную сортировку пиломатериалов по классам прочности, можно добиться более рационального использования древесины в строительных конструкциях, в том числе в клееных деревянных элементах [7,8]. Но это лишает деревянные конструкции тех резервов несущей способности, которые обеспечивают их долговечность при длительной эксплуатации [9, 10], что является важным фактором при сохранении деревянных конструкций в объектах культурного наследия.

На основании изложенного сделаны следующие выводы.

1. Визуальная сортировка древесины позволяет разделить пиломатериалы на три сорта, что соответствует классам прочности С27, С24 и С16. Машинная сортировка пиломатериалов по классам прочности от С16 до С50 позволяет добиться рационального использования древесины в строительных конструкциях.

2. Для наиболее широко применяемого второго сорта древесины, что соответствует классу прочности С24, максимальное значение коэффициента вариации, при котором браковочный минимум при машинной сортировке не превышает нижней границы одностороннего доверительного интервала, составляет $v = 16,5\%$.

3. Отсутствие резервов несущей способности может негативно отразиться на долговечности деревянных конструкций, в т.ч. при их сохранении в объектах культурного наследия.

Литература

1. Иванов Ю. М. Длительная прочность древесины // Лесной журнал. 1972. № 4. С. 76-82.
2. Леонтьев Н. Л. Длительное сопротивление древесины. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1957. 132 с.
3. Травуш В.И., Колчунов В.И., Дмитриева К.О. Длительная прочность и устойчивость сжатых стержней из древесины. // Строительство и реконструкция. 2015. № 5 (61). С. 40-46.
4. Погорельцев А.А. Порядок назначения расчетных сопротивлений древесины в СП 64.13330.2017 "Деревянные конструкции" // Вестник НИЦ Строительство. 2019. № 2 (21). С. 114-126.
5. Найчук А.Я., Погорельцев А.А., Серов Е.Н. Теория и практика дальнейшего развития деревянных конструкций. Часть 1. Нагрузки,

- расчетные сопротивления и длительная прочность древесины. // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 6. С. 38-44.
6. Арленинов Д.К. Расчетная оценка прогибов деревянных балок при длительной нагрузке // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 11. С. 40-41.
7. Стяпин Р.А. Унификация изгибаемых клееных деревянных конструкций по принципу подобия // Инженерный вестник Дона, 2013, № 2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1608
8. Линьков Н.В. Особенности применения клееной древесины в оформлении фасадов общественных зданий // Инженерный вестник Дона, 2020, №8. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2020/6572
9. Knut Einar Larsen, Nils Marstein. Conservation of historic timber structures. Oslo, 2016. 117 p.
10. Loebjinski W., Rug and H. Pasternak. Approaches for an optimisation of partial safety factors for historic timber structures // Safety, reliability, risk, resilience and sustainability of structures and infrastructure: 12th International conference on structural safety & reliability. Vienna, Austria, Aug. 6-10, 2017, pp. 683-692.

References

1. Ivanov YU. M. Lesnoy zhurnal. 1972. № 4. pp.76-82.
 2. Leontyev N. L. Dlitelnoye soprotivleniye drevesiny. [Long-term resistance of wood]. M. Goslesbumizdat, 1957. 132 p.
 3. Travush V.I., Kolchunov V.I., Dmitrieva K.O. Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2015. № 5 (61). pp. 40-46.
 4. Pogoreltsev A.A. Vestnik NITS Stroitelstvo. 2019. № 2. pp. 114-126.
 5. Naychuk A.YA., Pogoreltsev A.A., Serov Ye. N. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2018. № 6. pp. 38-44.
-



6. Arleninov D.K. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2012. № 11. pp. 40-41.
7. Stjapin R.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1608
8. Lin'kov N.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №8. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2020/6572
9. Knut Einar Larsen, Nils Marstein. Conservation of historic timber structures. Oslo, 2016. 117 p.
10. Loebjinski W., Rug and H. Pasternak. Approaches for an optimisation of partial safety factors for historic timber structures. Safety, reliability, risk, resilience and sustainability of structures and infrastructure: 12th International conference on structural safety & reliability. Vienna, Austria, Aug. 6-10, 2017, pp. 683-692.

