

УДК 656.6

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗНАКОВ НАВИГАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Шалаев Даниил Алексеевич¹, бакалавр

e-mail: shalaev04@bk.ru

Власов Владимир Николаевич¹, старший преподаватель

e-mail: vn_vlasov@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье произведена сравнительная оценка конструкционных материалов для изготовления знаков навигационной обстановки. По методу иерархий выбран оптимальный.

Ключевые слова: материал, ветровая нагрузка, капролон, фанера, оцинкованная сталь, метод иерархий.

COMPARATIVE EVALUATION OF STRUCTURAL MATERIALS USED FOR THE MANUFACTURE OF NAVIGATION SIGNS

Daniil A. Shalaev¹, Bachelor's Degree Student

e-mail: shalaev04@bk.ru

Vladimir N. Vlasov¹, Senior Lecturer

e-mail: vn_vlasov@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article provides a comparative assessment of structural materials for the manufacture of navigation signs. According to the hierarchy method, the optimal one is selected.

Keywords: material, wind load, nylon, plywood, galvanized steel, hierarchy method.

Для оценки конструкционных материалов первым были определены критерии, по которым материалы будут сравниваться между собой:

- Цена (насколько дорого в реализации производство);
- Долговечность (как долго знак будет обходиться без обслуживания);
- Прочность (насколько большие нагрузки может выдержать материал);
- Водопоглощение (какой процент воды поглощает материал);
- Термостойкость (какие перепады температур выдержит материал).

Следующим были выбраны наиболее распространенные конструкции береговых навигационных знаков, выбор был сделан в пользу:

- прямоугольного;
- трапецеидального;
- комбинированного.

Для того, чтобы уверенно заявлять о том, что материал, из которого будет сделан навигационный знак, выдержит ветровую нагрузку, был произведен расчет согласно «СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия» [1]. Для этого были определены 4 области на территории Российской Федерации с разными ветровыми скоростями:

- Нижегородская;
- Ленинградская;
- Архангельская;
- Мурманская.

В связи с тем, что Нижегородская и Ленинградская области находятся в одном ветровом районе, то и значения ветровой нагрузки будут одинаковыми. Ветровая нагрузка будет рассчитываться для 3 ранее определенных форм береговых знаков по формуле:

$$W = W_m + W_g \quad (1)$$

где W - нормативное значение основной ветровой нагрузки.

W_m - Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки.

W_g - Нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки.

$$W_m = W_0 k(z_e) C \quad (2)$$

где W_0 - нормативное значение ветрового давления.

$k(z_e)$ - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e .

C - аэродинамический коэффициент.

Значение W_0 для 4 областей:

Нижегородская и Ленинградская = 0,3;

Мурманская = 0,6;

Архангельская = 0,85.

Значение $k(z_e)$ для всех областей = 0,75.

Значение C для едино для всех областей, но различается для конструкций:

для прямоугольной = 1,5;

трапецеидальной = 2,25;

комбинированной = 2,15.

$$W_g = W_m \delta(z_e) \vartheta \quad (3)$$

где $\delta(z_e)$ - коэффициент пульсации давления ветра.

ϑ - коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра.

Значение $\delta(z_e)$ для всех областей = 0,85.

Значение ϑ для всех областей = 0,89. [1]

Ленинградская и Нижегородская область:

$$W_{\text{прямоуг}} = 0,3375 + 0,255 = 0,5925 \text{ кПа}$$

$$W_{\text{трапец}} = 0,5 + 0,378 = 0,878 \text{ кПа}$$

$$W_{\text{комбин}} = 0,48375 + 0,366 = 0,85 \text{ кПа}$$

Мурманская область:

$$W_{\text{прямоуг}} = 0,675 + 0,51 = 1,185 \text{ кПа}$$

$$W_{\text{трапец}} = 1,0125 + 0,766 = 1,7785 \text{ кПа}$$

$$W_{\text{комбин}} = 0,9675 + 0,732 = 1,699 \text{ кПа}$$

Архангельская область:

$$W_{\text{прямоуг}} = 0,956 + 0,723 = 1,679 \text{ кПа}$$



$$W_{\text{трапец}} = 1,434 + 1,084 = 2,518 \text{ кПа}$$

$$W_{\text{комбин}} = 1,37 + 1,036 = 2,406 \text{ кПа}$$

Первый рассматриваемый материал – оцинкованная сталь.

Привычные нам дорожные знаки тоже изготовлены из оцинкованного металла и в соответствии с нормативными актами данные знаки не принимаются в пунктах приема металлолома, поэтому если изготавливать навигационные знаки из оцинкованной стали, то они так же не будут подвергаться краже, как и дорожные. Так же, цинк защищает металл от контакта с окружающей средой, что дает защиту металла от коррозии, а также от механических повреждений. Однако, на практике металлу все равно требуется дополнительная защита, ей будет выступать краска, так как конструкция должна иметь определенный цвет.

Чтобы покрасить оцинкованную сталь, из-за плохой адгезии краски с цинком, ее сначала нужно грунтовать. Для оцинкованных поверхностей подойдут водно-дисперсионная, полиуретановые и порошковые краски.

Предел прочности (МПа) — 380–500. Это показатель максимальной нагрузки на разрыв, которую может выдержать металл без разрушения.

Термостойкость – от -60 до 350°C [2].

Цена: оцинкованный лист 1250x2500x0,5 мм (гладкий, холоднокатаный) — 3190 рублей за шт. Грунт - 3000 рублей за 10л. 4000 рублей алкидная краска за литр.

Итоговая цена – примерно от 30000 рублей.

Долговечность – требует периодической покраски.

Прочность – обеспечена.

Водопоглощение – нет.

Термостойкость – обеспечена.

Второй рассматриваемый материал – фанера.

В идеале, для условий постоянной влажности лучше всего подойдет бакелизированная фанера.

У этого материала самая высокая устойчивость к влаге, он хорошо переносит длительное пребывание в воде, в том числе, солёной. Каждый слой дополнительно смазывается бакелитовым лаком, что создаёт дополнительный барьер для воды. Но существует большая проблема: фанеру, покрытую лаком, нельзя покрасить. Поэтому будет рассмотрена фанера марки ФСФ.

ФСФ (фенолформальдегидная фанера). Обладает высокой влагостойкостью за счёт пропитки клеем на основе фенолформальдегидных смол. Как показывает практика, защиты от влаги заводом изготовителем часто бывает недостаточно, поэтому фанера требует дополнительной обработки для защиты от внешней среды. Так как необходим цветной навигационный знак, в качестве дополнительной обработки будет использоваться краска.

Чтобы избежать трещин из-за перепадов температуры и влажности, шпоновую поверхность шлифуют. После наносят грунт и красят алкидной краской для дерева в несколько слоев.

Влагопоглощение – 5–10%.

Предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон наружных слоев, МПа, не менее – 25.

Предел прочности при растяжении вдоль волокон, МПа, не менее – 30.

Твердость, Мпа – 20.

Рабочий диапазон температур от -200 °C до 120°C. [3]

Фанера ФСФ размером 2440x1220 толщиной 21мм стоит примерно 2700 рублей за лист. 1300 рублей грунт за 10л. 2000 рублей краска акриловая за литр. Расход акриловой краски примерно 600г на квадратный метр.



Итоговая цена – примерно от 40000 рублей.

Долговечность – требует периодической покраски.

Прочность – обеспеченна.

Водопоглощение – умеренное.

Термостойкость – обеспеченна.

Третий рассматриваемый материал – капролон.

Капролон — это полимерный материал. Внешне он напоминает плотный пластик, чаще всего имеет белый или бежевый оттенок.

Капролон является аналогом фторопласта, но более дешевым и очень хорошо подходящим под требования.

Твердость по Бринеллю: 160–190 МПа.

Напряжение при сжатии при установленной (6%) относительной деформации: 90–100 МПа.

Прочность: 80–90 МПа. Соответственно, капролон с легкостью выдержит ветровую нагрузку во всех рассмотренных областях.

Водопоглощение: от 0,3 до 2%. Крайне низкое.

Температурный диапазон: от -50 до +120 градусов (до +170 градусов при кратковременном воздействии). Подойдет для использования почти в любых местах страны. [4]

Коррозионная устойчивость: капролон не подвержен коррозии, что позволяет использовать его в агрессивных средах, а также в непосредственном контакте с обычной и солёной водой.

Цена: листовой капролон толщиной 10мм за квадратный метр примерно 8500 рублей.

Итоговая цена: примерно от 34000 рублей.

Долговечность – не требует обслуживания.

Прочность – обеспеченна.

Водопоглощение – нет.

Термостойкость – обеспечена.

Таблица 1. Сравнительный анализ конструкционных материалов методом иерархии Саати

Вариант	Частная ценность варианта					Общая ценность
	Цена	Долговечность	Прочность	Водопоглощение	Термостойкость	
Оцинкованная сталь	2	2	3.33	4	3.33	14.66
Фанера ФСФ	3	2	3.33	2	3.33	13.66
Капролон	5	6	3.33	4	3.33	21.66

Изучив свойства сравниваемых материалов и используя метод иерархии Саати, можно сделать вывод, что капролон в сравнении с другими рассмотренными материалами, является наилучшим вариантом. Он имеет примерно схожую итоговую стоимость с фанерой и оцинкованным металлом, но совершенно не требующий обслуживания в будущем. Так же, как и все рассмотренные материалы с большим запасом, выдерживает ветровую нагрузку, почти не впитывает влагу и может использоваться практически в любых условиях на территории Российской Федерации.

Список литературы:

1. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*/ Министерство строительства и жилищно-коммунального



хозяйства Российской Федерации. - Москва: Минстрой России, 2016. - (Свод правил по проектированию и строительству).

2. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. - Москва: Стандартинформ, 2005.

3. ГОСТ Р 3916.1-2018. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. - Москва: Стандартинформ, 2018.

4. ТУ ВУ 190526813.001-2015. Капролон: технические условия / ОАО "Гродно Химволокно". - Гродно: ОАО "Гродно Химволокно", 2015.

