

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В КАЗАХСТАНЕ И ЕВРОПЕЙСКИХ ЕВРОКОДАХ

Искакова Анель, магистрант 1-го курса кафедры «Строительство»

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

(Научный руководитель – Кудайбергенов Н.Б., докт. техн. наук, профессор)

В статье проведен сравнительный анализ проектирования стальной балки IPE 300 [1] из стали S355 по стандартам Еврокод 3 (EN 1993-1-1) и казахстанскому Еврокоду (ST RK EN). В работе были рассмотрены ключевые аспекты, такие как прочность на изгиб, прогиб и влияние климатических условий на расчет. В ходе анализа был использован коэффициент безопасности для обоих стандартов, что позволило сравнить результаты по прочности и жесткости конструкций, а также выяснить влияние климатических факторов на проектирование. В статье подчеркивается важность выбора подходящего стандарта в зависимости от специфики региона и условий эксплуатации, а также приводятся рекомендации для улучшения практики проектирования стальных конструкций с учетом местных климатических особенностей.

Проектирование и расчет стальных конструкций, в частности, прокатных балок, является ключевым аспектом в строительной отрасли, особенно при сравнении различных стандартов проектирования. Одним из наиболее распространенных наборов стандартов является Еврокод 3 (EN 1993-1-1), который используется во многих странах Европы, и его казахстанская адаптация ST RK EN, которая учитывает специфические климатические и эксплуатационные условия Казахстана. Несмотря на схожесть в общем подходе к расчетам, существуют значительные различия в применении коэффициентов безопасности, требуемых для обеспечения долговечности и устойчивости конструкций в различных климатических зонах.

Цель данного анализа — провести сравнительный расчет стальной балки IPE 300 (рис. 1) по стандартам Еврокода 3 и казахстанскому Еврокоду, чтобы выявить их ключевые различия, преимущества и недостатки, а также понять, как климатические особенности могут влиять на проектирование и эксплуатацию конструкций.

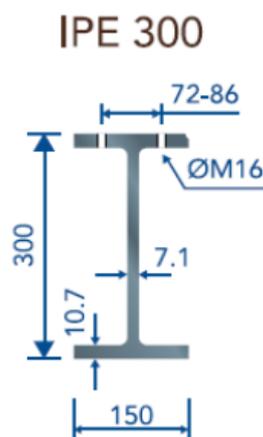


Рисунок 1 – Параметры балки IPE 300 [1]

Балка IPE 300 из стали S355 (предел текучести $f_y = 355$ МПа) с пролётом $L=6$ м, под равномерной нагрузкой $q=20$ кН/м, будет проанализирована двумя способами:

согласно Еврокоду (EN 1993-1-1) и согласно казахстанскому Еврокоду (ST RK EN), учитывая повышенные коэффициенты безопасности.

Общие параметры:

Балка: IPE 300 [1]

Модуль упругости: $E=210$ ГПа

Момент сопротивления: $W = 7.6 \times 10^{-4}$ м³

Момент инерции: $I = 7.6 \times 10^{-6}$ м⁴

Коэффициенты безопасности:

- По EN 1993-1-1: $\gamma_{M0} = 1.0$ [2]
- По ST RK EN: $\gamma_{M0} = 1.1$ (с учетом климатических факторов) [3]

Прогиб: $\frac{L}{250} = 24$ мм (допустимый)

Этапы расчета:

1. $M_{max} = \frac{qL^2}{8}$, применяется для расчёта **максимального изгибающего момента** в балке, равномерно нагруженной по всей длине. Используется в строительной механике для определения критической нагрузки на балку [2][3].

2. $M_{Rd} = \frac{Wf_y}{\gamma_{M0}}$, используется для расчета **предельного момента сопротивления** балки или другого элемента конструкции на изгиб [2][3].

3 Сравнение **момента предельного сопротивления балки M_{Rd} и расчетного изгибающего момента M_{max}** , необходимо для проверки несущей способности балки в строительных конструкциях. Это ключевой этап проектирования, чтобы убедиться, что балка выдержит все действующие нагрузки с учетом нормативов безопасности.

4. **Расчёт прогиба балки**, $\delta_{max} = \frac{5qL^4}{384EI}$ необходим для оценки ее деформации под воздействием нагрузок [2][3].

5. **Допустимый прогиб** — это максимальное значение прогиба балки или конструкции, при котором она сохраняет свою функциональность, безопасность и внешний вид. Его значения зависят от типа конструкции, в даноом случае, $\delta_{allow} = \frac{L}{250}$.

6. Сравнение $\delta_{max} < \delta_{allow}$ необходимо для проверки деформаций конструкции и обеспечения её **надёжности, безопасности и функциональности**.

Результаты расчетов по двум Еврокодам представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная таблица результатов расчетов согласно Еврокодам EN 1993-1-1 и ST RK EN.

		По Европейскому Еврокоду (EN 1993-1-1)	по казахстанскому Еврокоду (ST RK EN)
Максимальный изгибающий момент	$M_{max} = \frac{qL^2}{8}$	90кН × м	90кН × м
Момент предельного сопротивления балки	$M_{Rd} = \frac{Wf_y}{\gamma_{M0}}$	269.8кН × м	245.3кН × м
Сравнение	$M_{max} < M_{Rd}$	90кН × м < 269.8кН × м	90кН × м < 245.3кН × м
Прогиб	$\delta_{max} = \frac{5qL^4}{384EI}$	8.2мм	8.2мм
Допустимый прогиб	$\delta_{allow} = \frac{L}{250}$	24мм	24мм
	$\delta_{max} < \delta_{allow}$	8.2мм < 24мм	8.2мм < 24мм
Результат		Балка удовлетворяет требованиям Еврокода EN 1993-1-1	Балка удовлетворяет требованиям казахстанского Еврокода ST RK EN

В расчётах по европейским стандартам используется коэффициент безопасности $\gamma_{M0} = 1.0$, что позволяет получить более высокое значение допустимого изгибающего момента $M_{Rd} = 269.8кН \times м$. Это свидетельствует о возможности проектирования балок, соответствующих требованиям Еврокода, с повышенной несущей способностью, что снижает требования к толщине и массе профиля.

В казахстанских стандартах (ST RK EN) применяется увеличенный коэффициент безопасности $\gamma_{M0} = 1.1$, что приводит к снижению расчетного изгибающего момента до $M_{Rd} = 245.3 \text{ кН} \times \text{м}$. Это приводит к необходимости проектирования конструкций с большей прочностью, а также более строгих условий эксплуатации, что может потребовать использования профилей с увеличенной толщиной или дополнительных усиливающих элементов для достижения необходимой несущей способности.

Увеличенный коэффициент безопасности в казахстанских стандартах обоснован учётом дополнительных рисков, связанных с северными климатическими условиями региона, включая значительные температурные колебания и дополнительные нагрузки от снега и ветра. Такой подход обеспечивает более консервативные расчёты, что оправдано в условиях Казахстана, где повышенные требования к надёжности конструкций обусловлены сложными климатическими факторами.

В то же время применение коэффициента $\gamma_{M0} = 1.0$ в европейских нормах связано с расчётом на более стабильные климатические условия. Это позволяет оптимизировать расход материалов, снижая общую массу и стоимость конструкций. Таким образом, стандарты Еврокода ориентированы на более экономичное проектирование, что особенно актуально в регионах с умеренными климатическими условиями.

Прогиб балки по обоим стандартам является одинаковым, поскольку климатические условия не оказывают прямого влияния на прогиб в данном примере. Однако, важным аспектом является то, что в казахстанском стандарте могут быть предусмотрены дополнительные рекомендации для учета температурных расширений и вибраций в условиях более холодного климата, что косвенно может повлиять на проектирование.

Европейский стандарт не учитывает специфические климатические условия, такие как экстремально низкие температуры и высокую влажность, которые характерны для Казахстана. Из-за этого коэффициенты безопасности остаются стандартными, что позволяет снизить избыточные расходы на материалы. Введение поправки на климатические условия в Казахстане через увеличенные коэффициенты безопасности делает стандарт более надежным. Это также обеспечит долговечность конструкции в условиях сильных морозов, снеговых и ветровых нагрузок, которые могут воздействовать на конструкцию в течение долгих периодов времени.

Литература:

1. IPE profiles. NERGIS Danismanlik Makina San. Dis Tic. Ltd. Sti. <http://www.nergisltd.com.tr/ipe-profiles/>

2. Комитет Европейских Стандартов (CEN). (2002). Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций — Часть 1-1: Общие правила и правила для зданий (EN 1993-1-1). Брюссель: CEN.
3. Национальный институт стандартизации Казахстана. СТ РК EN 1993-1-1: Проектирование стальных конструкций — Часть 1-1: Общие правила и правила для зданий. [Адаптация Еврокода 3 для Казахстана]. Казахстан.