

Адаптация мостовых норм Украины к Еврокодам

**Adaptation of the Ukraine's bridge
norms to the Eurocodes**

Kyiv- St Petersburg, 2013

Когда мы говорим о единых нормах проектирования, то полагаем, что мосты построенные в разных странах не будут отличаться друг от друга ни по способности нести нагрузку, ни по уровню надежности.

Несмотря на то, что Еврокоды для нас не являются новыми нормами, так как мы следили за их первоначальными редакциями, полный переход на Еврокоды вызовет у нас существенные трудности.

When we talk about uniform building code, we believe that the bridges constructed in different countries do not differ from each other neither for load-carrying capacity nor for the safety level.

Despite the fact that the Eurocode for us is not the new norms, as we followed the new edition, a complete transition to Eurocodes will cause big difficulties for us.

Переход на Еврокоды означает для Украины, в первую очередь, сблизить ряд основополагающих параметров, например, следующих:

индексы надежности	выполнено
величины нагрузок	выполнено
коэффициенты надежности	выполнено

Сравнение предельных состояний показывает, что пока в этой части Еврокод и ДБН нуждается в сближении позиций:

железобетонные конструкции	близки
стальные конструкции	различны
сталежелезобетонные конструкции	различны.

Transition to the Eurocodes means to Ukraine primarily reduce the distance between a series of fundamental parameters, such as the following:

indexes of reliability	done
values of loads	done
safety factors	done

Comparison of limit states according to the Eurocodes and DBN shows that so far they need the approximation:

for concrete structures	similar
for steel structures are	different
for composite structures	different

Краткая историческая справка Brief historical background

- ❑ In the Soviet Union in 1962, to replace separate fragmented regulations have been issued common norms to design of reinforced concrete, steel, composite, masonry and timber bridges and foundations in one document СН 200-62.
- ❑ For steel structures in the standards applied method - Allowable Stress Design (ASD).
- ❑ В СССР 1962 году, на смену отдельным разрозненным нормам были изданы нормы проектирования железобетонных, стальных, сталежелезобетонных, каменных, деревянных мостов и фундаментов в едином документе СН 200-62.
- ❑ Для стальных конструкций применялся метод расчета по Допускаемым Напряжениям.

Краткая историческая справка Brief historical background

- The Allowable Stress Design method is based on a comparison of operating stress calculated by the elastic method to the allowable normal and shear stresses. Allowable stress is determined as a nominal stresses resulting material testing, dividing to the safety factor.
- Метод расчета по допускаемым напряжениям основан на сопоставлении действующих напряжений, определенных при упругом расчете с допускаемыми напряжениями. Допускаемые напряжения определялись делением номинальных напряжений, полученных при испытаниях материала, на коэффициент запаса .

Краткая историческая справка Brief historical background

- ❑ In 1984, have been issued regulations SNIP 2.05.03-84, where for the calculations of all bridge structures used the method of limit states (LRFD - Load and Resistance Factor Design).
- ❑ Ukraine, like other countries of the former Soviet Union until 2009 for the regulations SNIP 2.05.03-84. Despite the fact that the regulations were written in very high quality, but for such a long period, they are largely obsolete.

- ❑ В 1984 году были изданы нормы СНиП 2.05.03-84, в которых при расчетах всех конструкций мостов был применен метод предельных состояний
- ❑ Украина, как и прочие страны бывшего СССР, вплоть до 2009 года пользовалась нормами СНиП 2.05.03-84. Несмотря на то, что нормы были написаны очень качественно, но за столь длительный период, они во многом устарели.

Краткая историческая справка Brief historical background

- In 2004, the Law of Ukraine № 1629-IV «About the national program of adaptation of Ukrainian legislation to the legislation of the European Union." In 2004 were published DBN B.2.3-14: 2004 "Bridges and pipes. Design rules," which are basically repeated the old SNiP.
- It was then decided to develop a separate chapter of DBN, which should take the maximum information Eurocodes, which would not conflict with the basic provisions of building regulations SNiP.
- В 2004 году был принят Закон Украины № 1629-IV «Про общегосударственную программу адаптации законодательства Украины к законодательству Европейского Союза». В 2004 году были изданы ДБН В.2.3-14:2004 «Мосты и трубы. Правила проектирования», которые в основном повторили старый СНиП.
- Затем было решено разработать отдельные главы ДБН, в которых следовало максимально принять информацию Еврокодов, которая бы не противоречила основным положениям СНиП.

Краткая историческая справка

Brief historical background

DBN Adapted to Eurocodes must operated during so-called the transition period to the final introduction of the Eurocodes in Ukraine.

Throughout this period, will operate the Eurocodes and domestic DBN on equal .

Further building codes Ukraine identified three documents:

1. Rules of use the Eurocodes.
2. Eurocodes texts in Ukrainian and Russian, as well as the English original.
3. National appendixes

Адаптированные к Еврокодам ДБН должны действовать на протяжении переходного периода, до окончательного введения в Украине Еврокодов.

На протяжении этого периода Еврокоды и украинские строительные ДБН должны действовать на равных.

Затем нормы Украины определяют три документа:

1. Правила использования Еврокодов
2. Тексты Еврокодов на украинском, русском и английском языках
3. Национальные приложения

Новые мостовые нормы Украины The new Ukraine bridge codes

- ❑ In 2009 was published the chapter of codes DBN B.2.3-22-2009 "Bridges and pipes. The basic requirements of design"
- ❑ In 2009 was published the chapter of codes DBN B.1.2-15-2009" Bridges and pipes. Loads and effects."
- ❑ In 2010 was published the chapter of codes DBN B.2.3-26: 2010 "Bridges and pipes. Steel structures. "
- ❑ В 2009 году была издана глава норм ДБН В.2.3-22-2009 «Мосты и трубы. Основные требования проектирования»
- ❑ В 2009 году была издана глава норм ДБН В.1.2-15-2009 «Мосты и трубы. Нагрузки и воздействия».
- ❑ В 2010 году была издана глава норм ДБН В2.3-26:2010 «Мосты и трубы. Стальные конструкции».

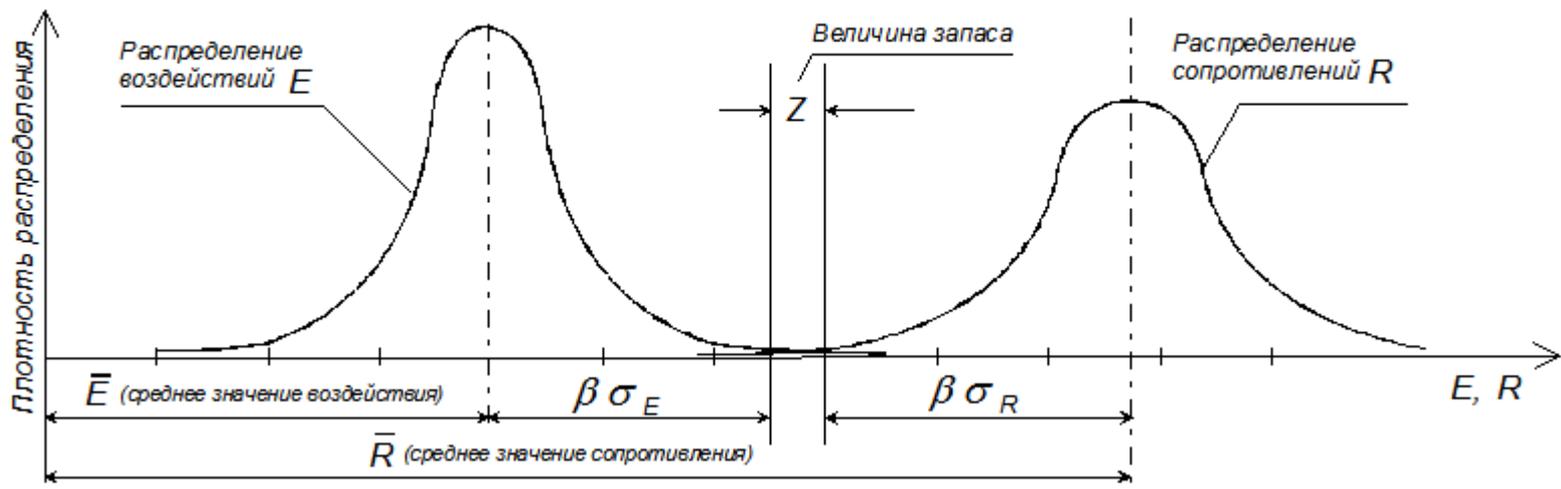
Расчет по предельным состояниям

Limit-state Design

□ The Limit State Method is not new for us. It should be only specify the reliability index β

- Метод расчета по предельным состояниям не является для нас новым. Следует только уточнить индекс надежности β

$$(\bar{E} + \beta \cdot \sigma_E) - (\bar{R} - \beta \cdot \sigma_R) = Z. \quad (4.4)$$



Расчет по предельным состояниям

Limit-state Design

Relationship between the reliability index β and probability of failure is given by

$$P_f = \Phi(-\beta)$$

P_f - the Probability of Failure;

β - reliability index

Φ - the distribution function.

Зависимость между индексом надежности β и вероятностью отказа дается выражением

$$P_f = \Phi(-\beta)$$

P_f - вероятность наступления предельного состояния;

β – индекс надежности

Φ – функция распределения.

P_f	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
β	1.3	2.3	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2

Расчет по предельным состояниям Limit-state Design

Индекс надежности/Reliability index β	1.5	1.64	2.5	3.0	3.8
Вероятность отказа/Probability of Failure	0.0668	0.0505	0.00621	0.0014	0.00007
Надежность/Reliabilities U_f	0.9332	0.9495	0.99379	0.9987	0.99993

Taken reliability indexes β for steel bridges in DBN

Принятые индексы надежности β для стальных мостов в ДБН

Вид расчетов/ Method of calculation	Индексы надежности/ Reliability indexes β	Вероятность безотказной работы/ Reliabilities U_f
На устойчивость положения/ Stability of position	4.0	0.9997
На прочность (по M,N,Q)/ (M,N,Q) Strength calculation	3.0	0.998
На устойчивость формы / stability of shape	3.0	0.998
Стыки на ВПБ / Joints on the HSB	2.0	0.98
На выносливость /fatigue strength calculation	2.0	0.98
По деформациям / stiffness analysis	1.64	0.95

Нагрузки на мосты

Loads on bridges

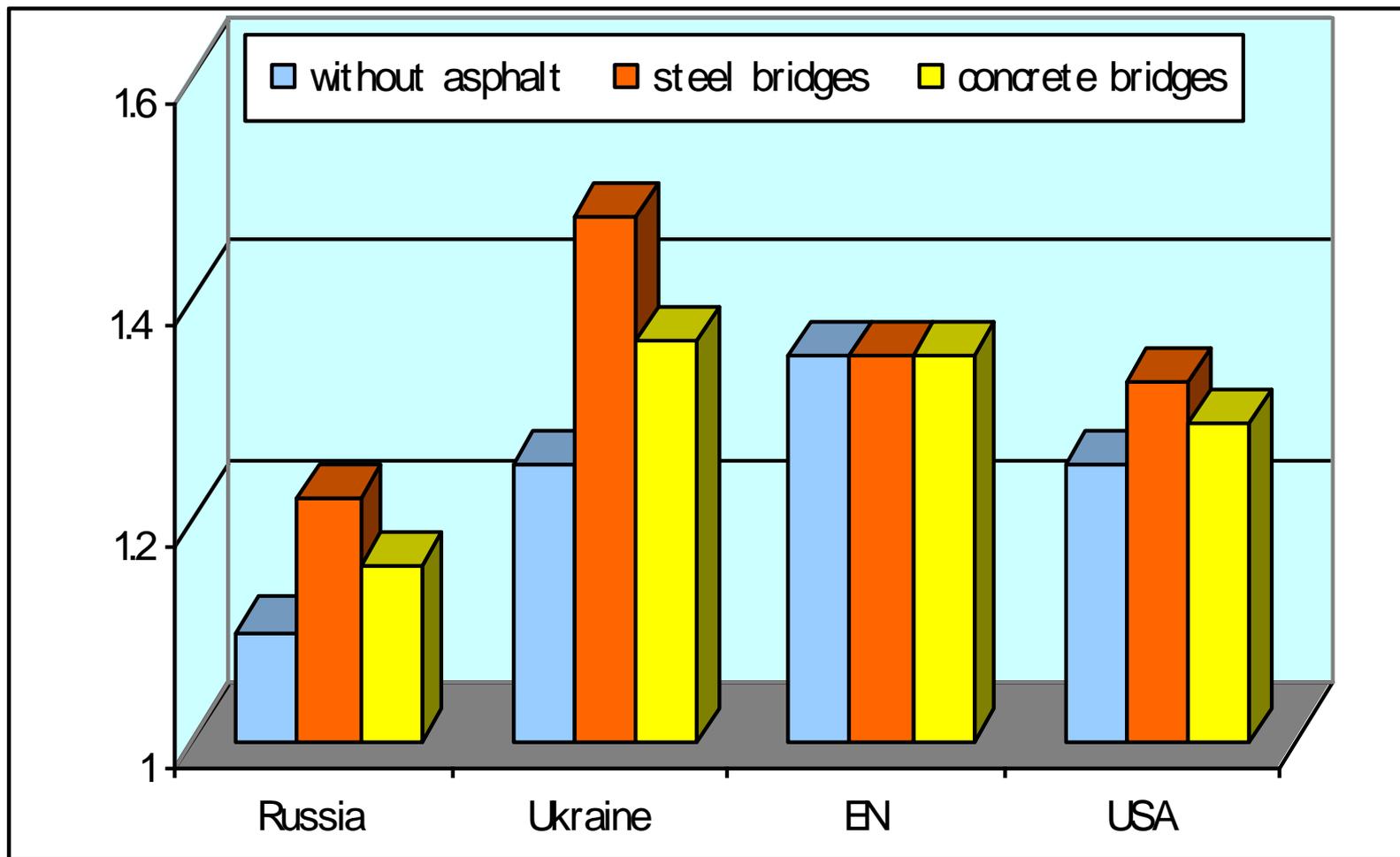
Коэффициенты надежности к постоянным нагрузкам Partial safety factor for constant loads.

	Russia	Ukraine	EN	USA
Main structure	1.1	1.25	1.35	1.25
Steel bridges	1.22	1.48	1.35	1.33
Concrete bridges	1.16	1.36	1.35	1.29

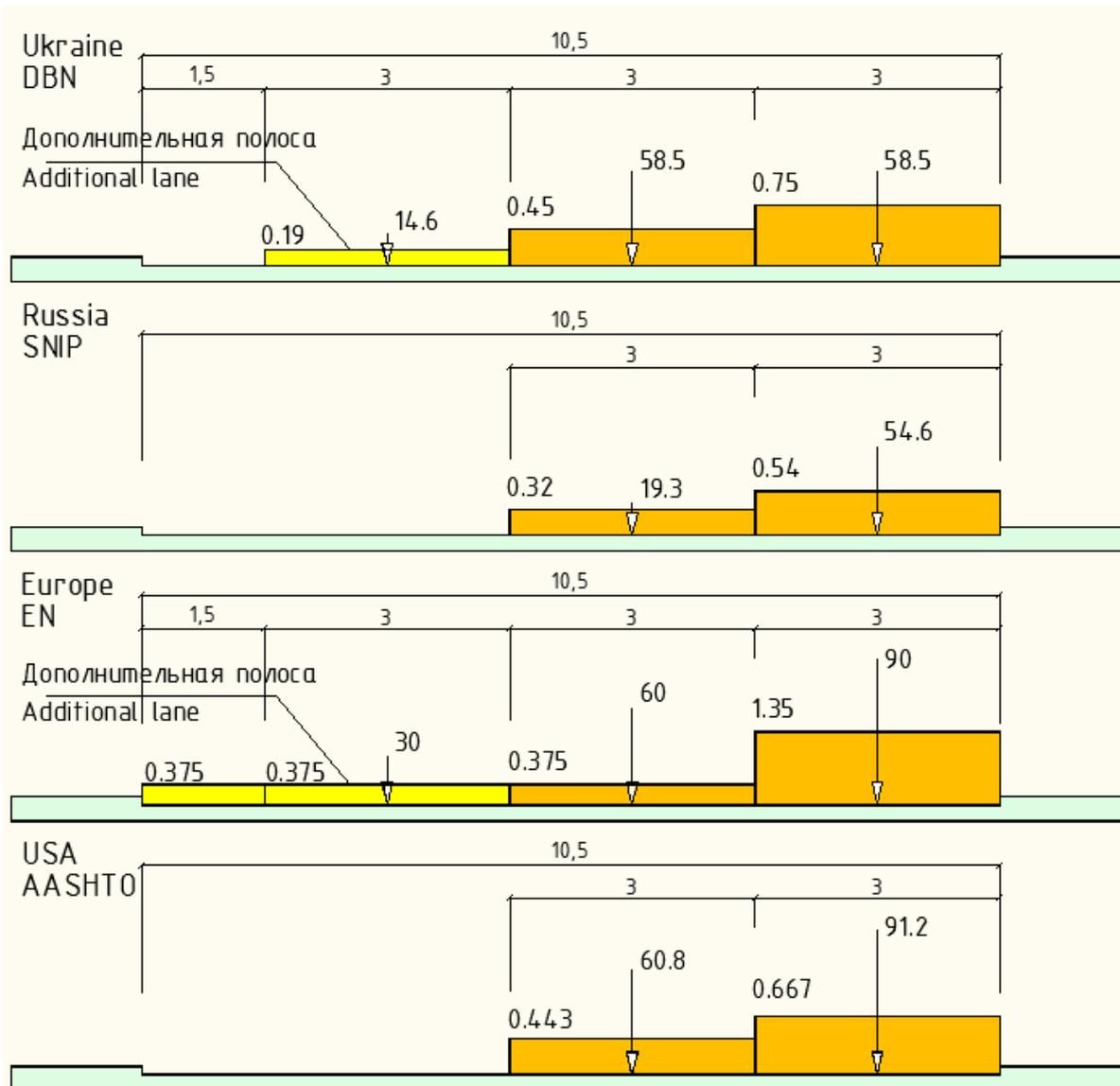
- In DBN B.1.2-15:2009 Partial safety factor for constant loads for main structure is increased from 1.1 to 1.25;
- For asphalt pavement $\gamma=2$
- В ДБН В.1.2-15:2009 коэффициент надежности к постоянным нагрузкам увеличен с 1.1 до **1.25**;
- Для покрытия проезда $\gamma=2$

Коэффициенты надежности к постоянным нагрузкам

Partial safety factors for constant loads



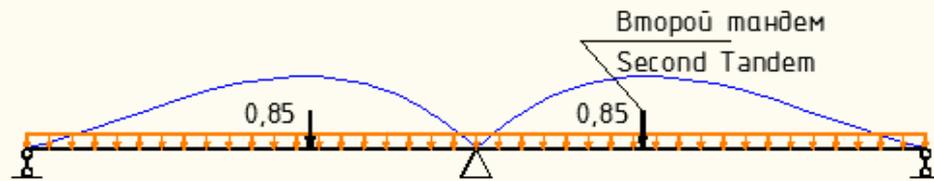
Нагрузки / Loads



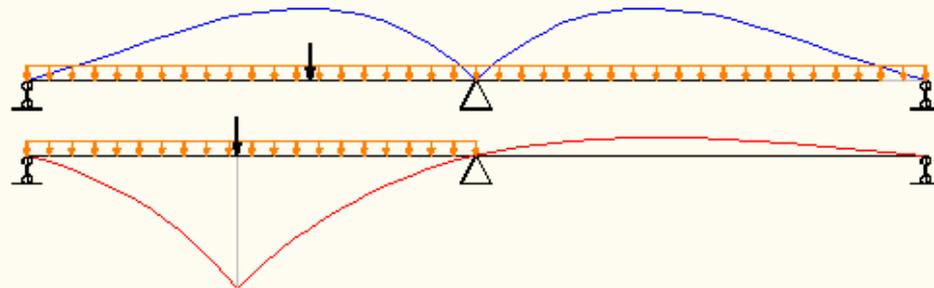
- Example of loading two-lane bridge in cross sections position

- Пример нагружения двух-полосного моста в поперечном сечении

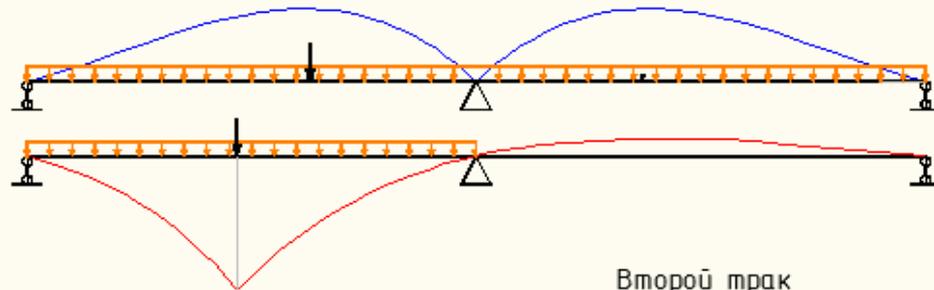
Ukraine
DBN



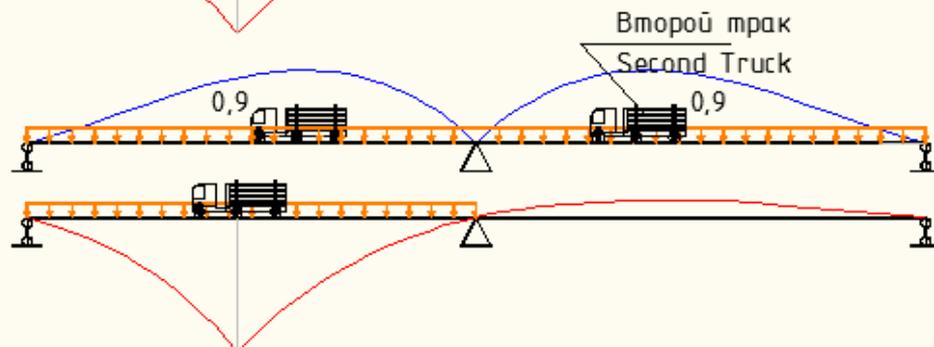
Russia
SNIP



Europe
EN



USA
AASHTO



Нагрузки Loads

- Пример нагружения двух-пролетного моста по фасаду
- Example of loading double-span bridge on lengthwise direction

Коэффициенты надежности к нагрузкам Partial safety factor for loads

Коэффициенты к нагрузке / Partial safety factor for loads							
Нормы и страны Codes and country		Пост. нагрузки Dead Load		Временные нагрузки / temporary loads			
				распределенная		сосредоточенная	
		констр. STR	Покрыт surface	uniformly distributed (UDL)		concentrated (CL)	
		γ_{f1}	γ_{f2}	γ_f	IM	γ_f	IM
DBN	Ukraine	1.25	2.00	1.5	1	1.5	1.3
EN	Europe	1.35	1.35	1.5	1	1.5	1
SNiP	Russia	1.10	1.50	1.15	1	1.5	1.4
AASHTO	USA	1.25	1.50	1.75	1	1.75	1.33
IM - impact factor / динамический коэффициент							
γ_f - safety factor for load/ коэффициент надежности							

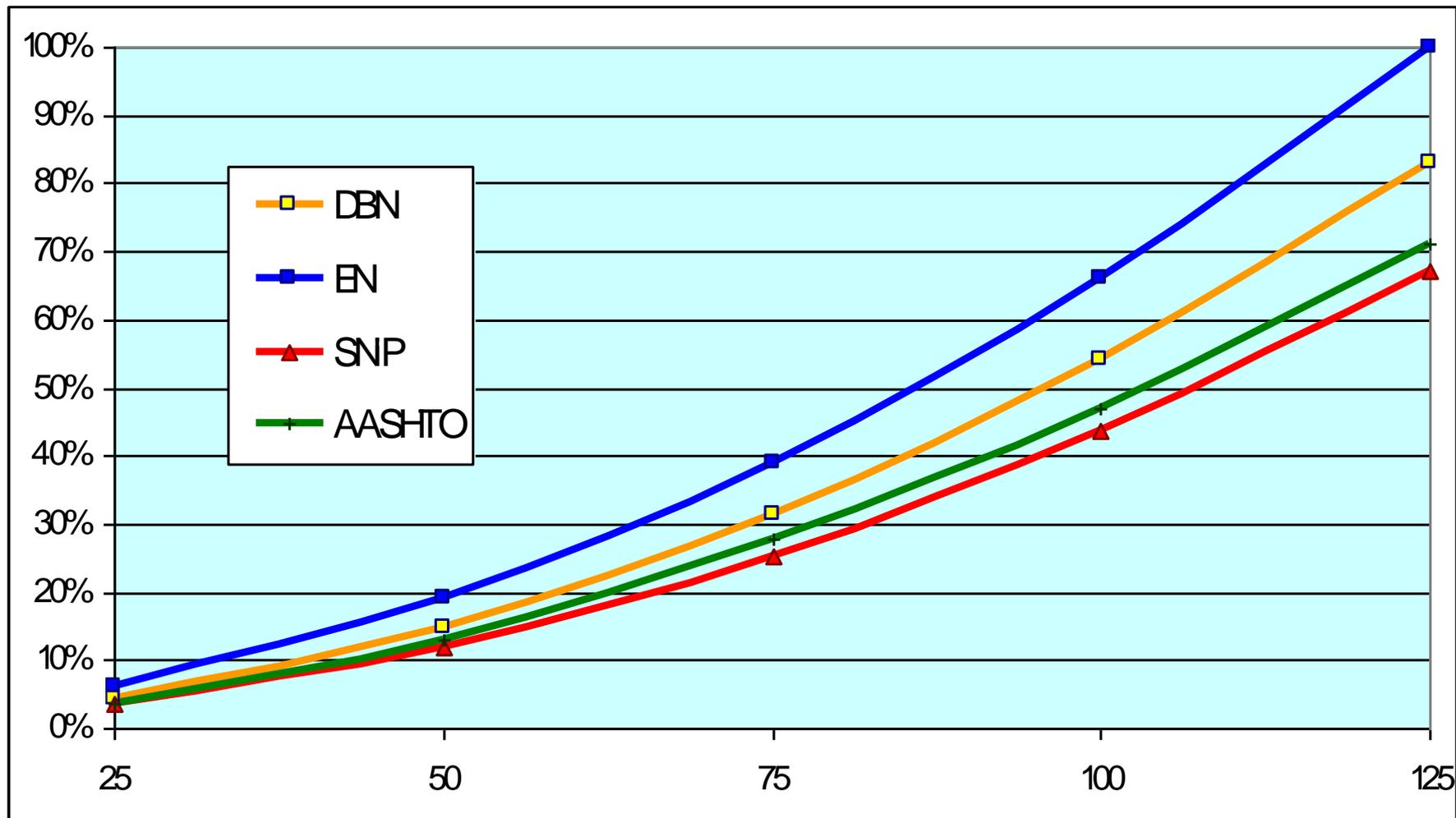
Коэффициенты к полосам движения

Factors for traffic Lanes

Коэффициенты к полосам / Lanes factors								
Номер полосы Number of lanes	DBN		EN		SNiP		AASHTO	
	UDL	CL	UDL	CL	UDL	CL	UDL	CL
1 st lane	1	1	1	1	1	1	1.2	1.2
2 nd lane	0.6	1	0.28	0.67	0.6	0.6	1	1
3 rd lane	0.6	0.75	0.28	0.33	0.6	0.6	0.85	0.85
4 th lane	0.6	0.5	0.28	0.00	0.6	0.6	0.65	0.65
Add. Lane	0.25	0.25	0.28	0.00				
UDL - uniformly distributed loads				CL - concentrated loads				

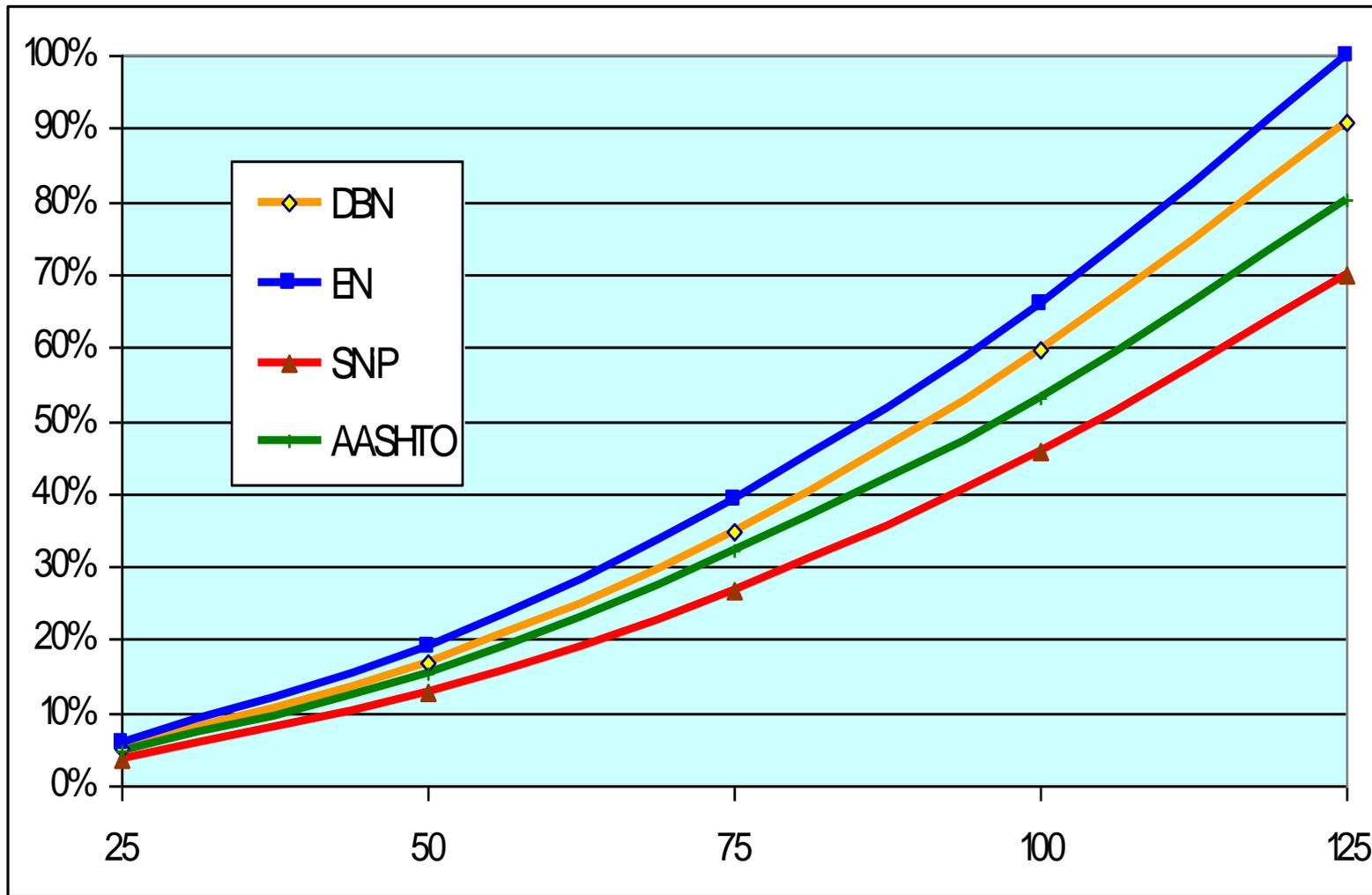
Пролетные моменты в двухпролетной балке $\Gamma=8$

Maximal Moments at span of Double-span Beam ($W=8$ m)

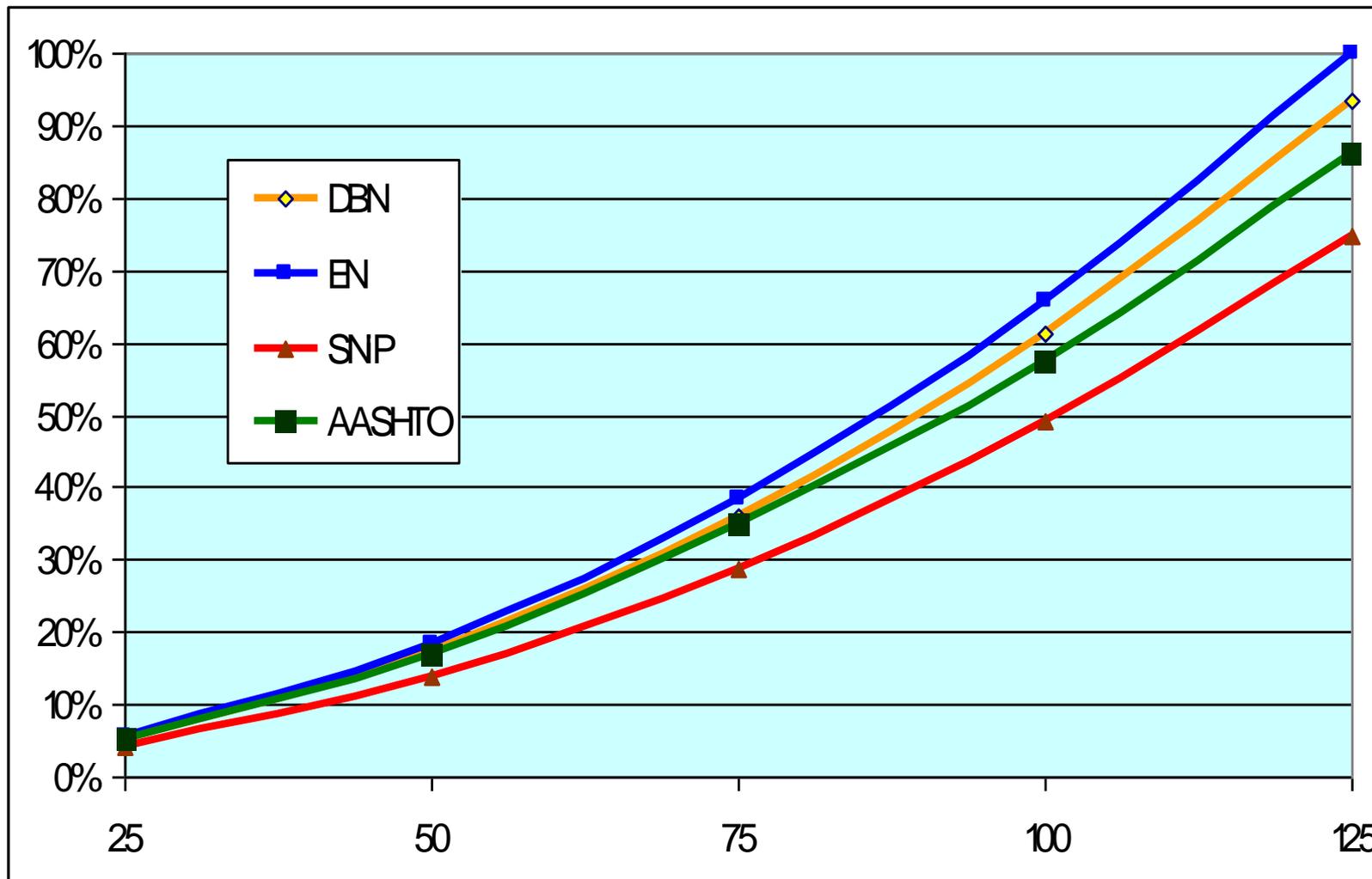


Пролетные моменты в двухпролетной балке $\Gamma=10.5$

Maximal Moments at span of Double-span Beam ($W=10.5$ m)

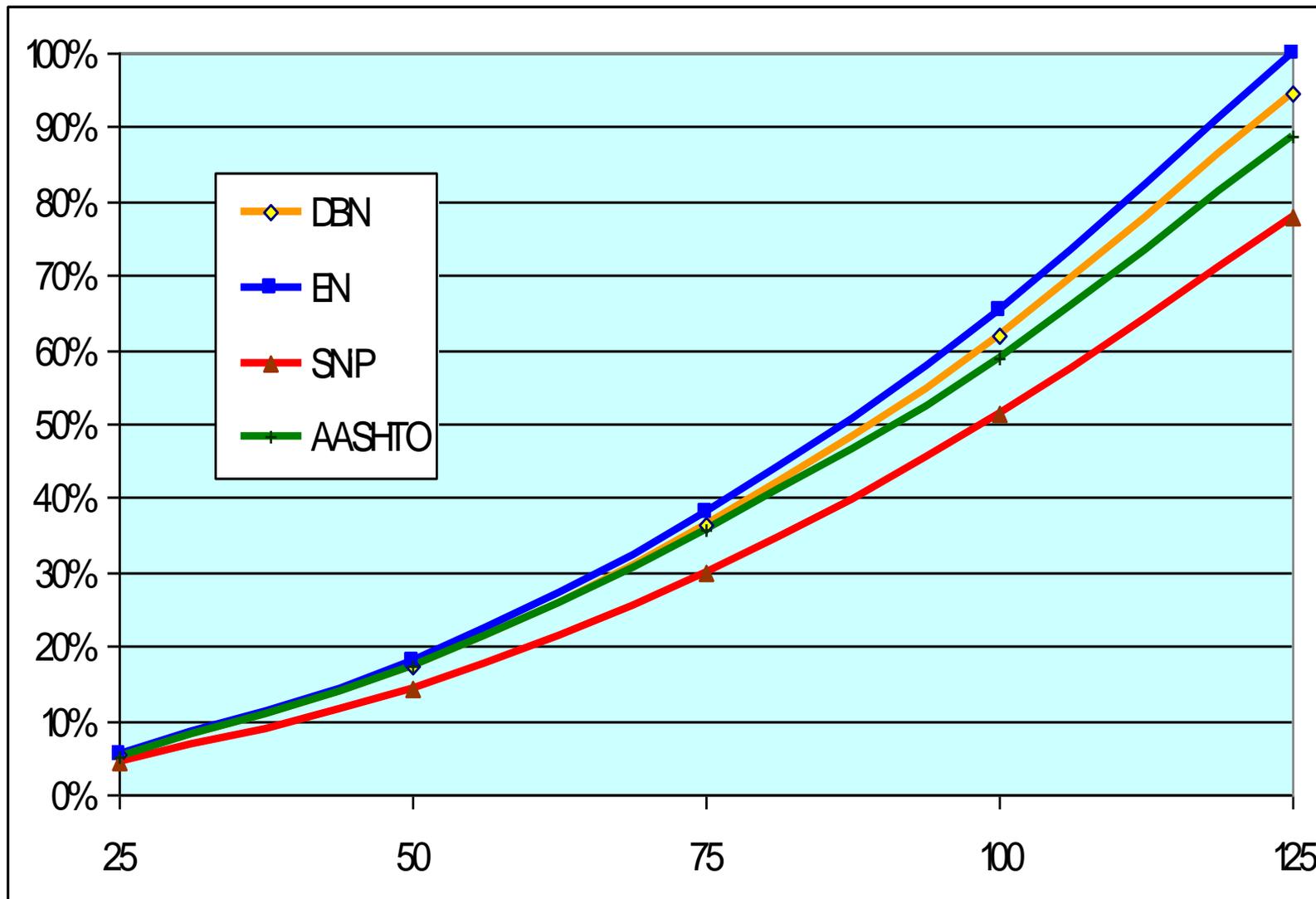


Пролетные моменты в двухпролетной балке $\Gamma=14.25$ Maximal Moments at span of Double-span Beam ($W=14.25m$)



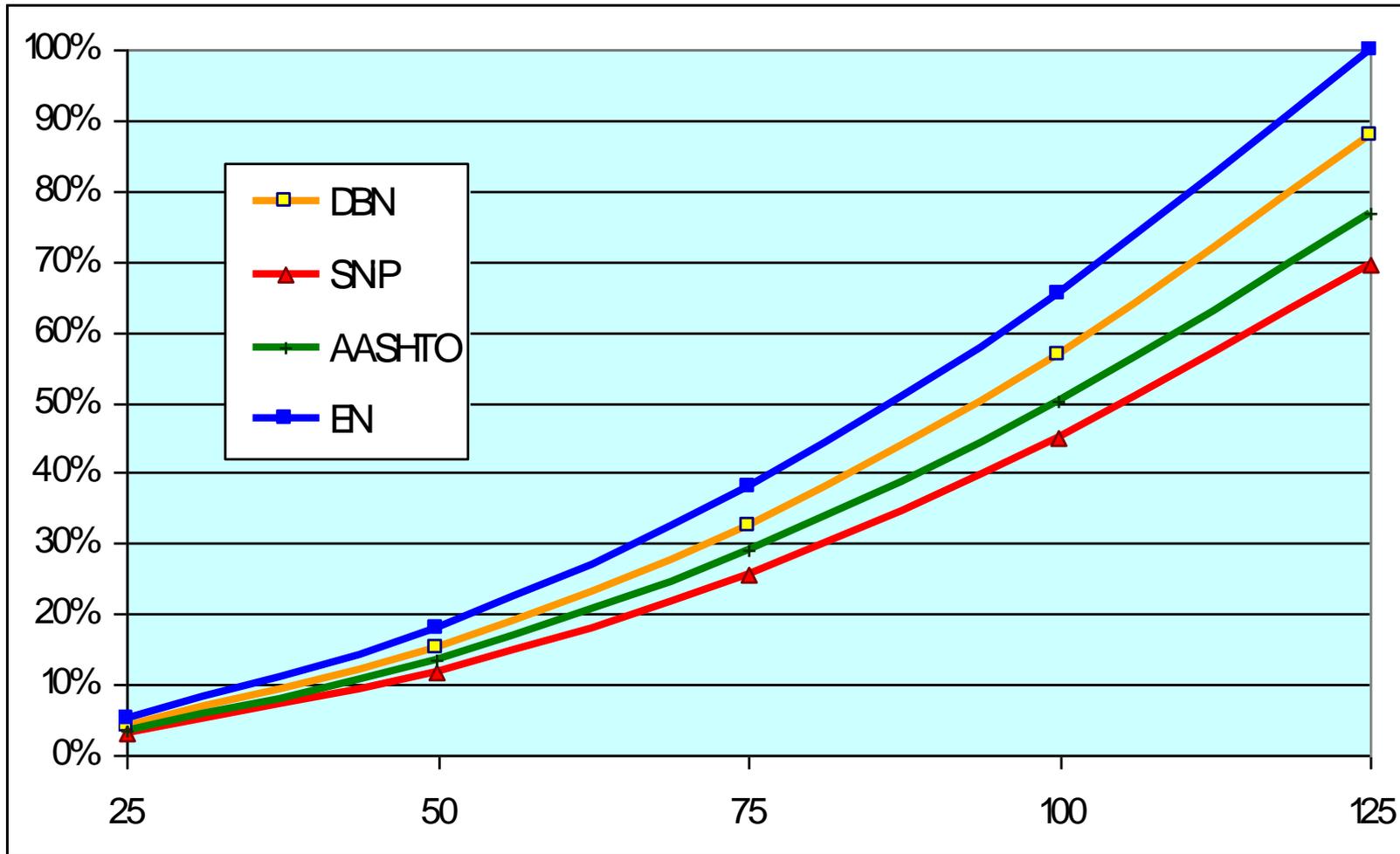
Пролетные моменты в двухпролетной балке $\Gamma=18$

Maximal Moments at span of Double-span Beam ($W=18$ m)



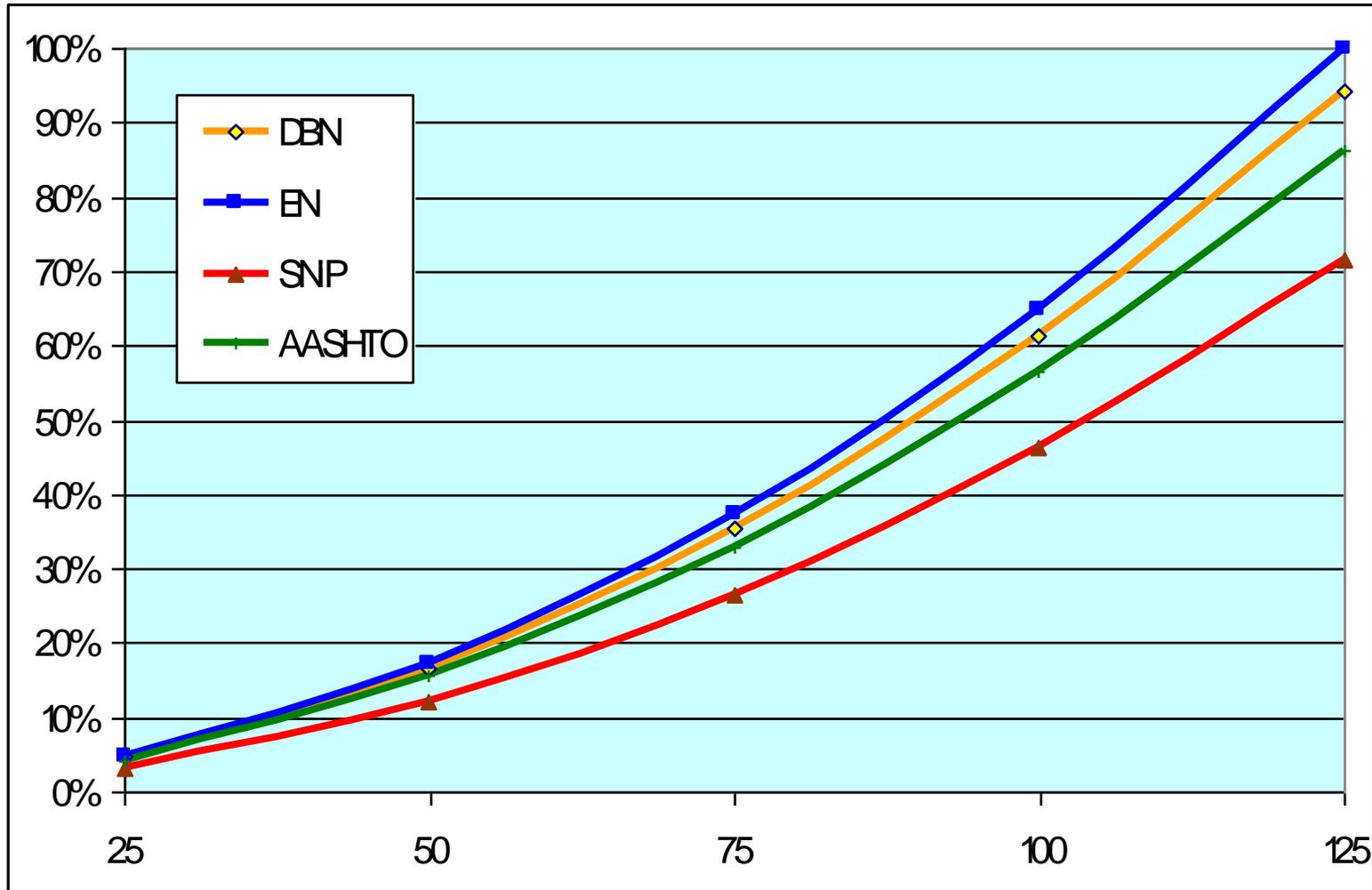
Опорные моменты в двухпролетной балке $\Gamma=8$

Moments at support of Double-span Beam ($W=8$ m)



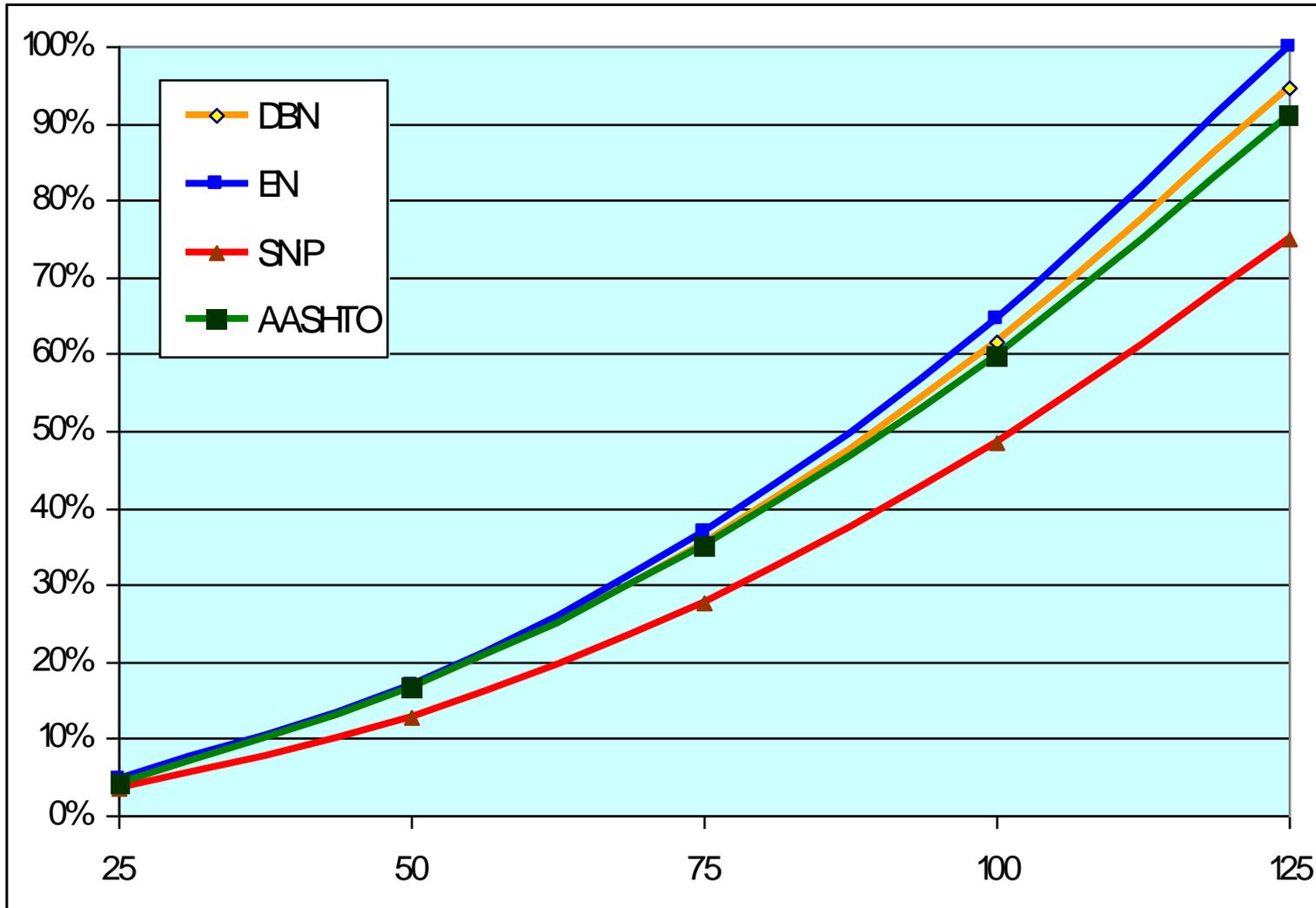
Опорные моменты в двухпролетной балке $\Gamma=10,5$

Moments at support of Double-span Beam $W=10,5$ m



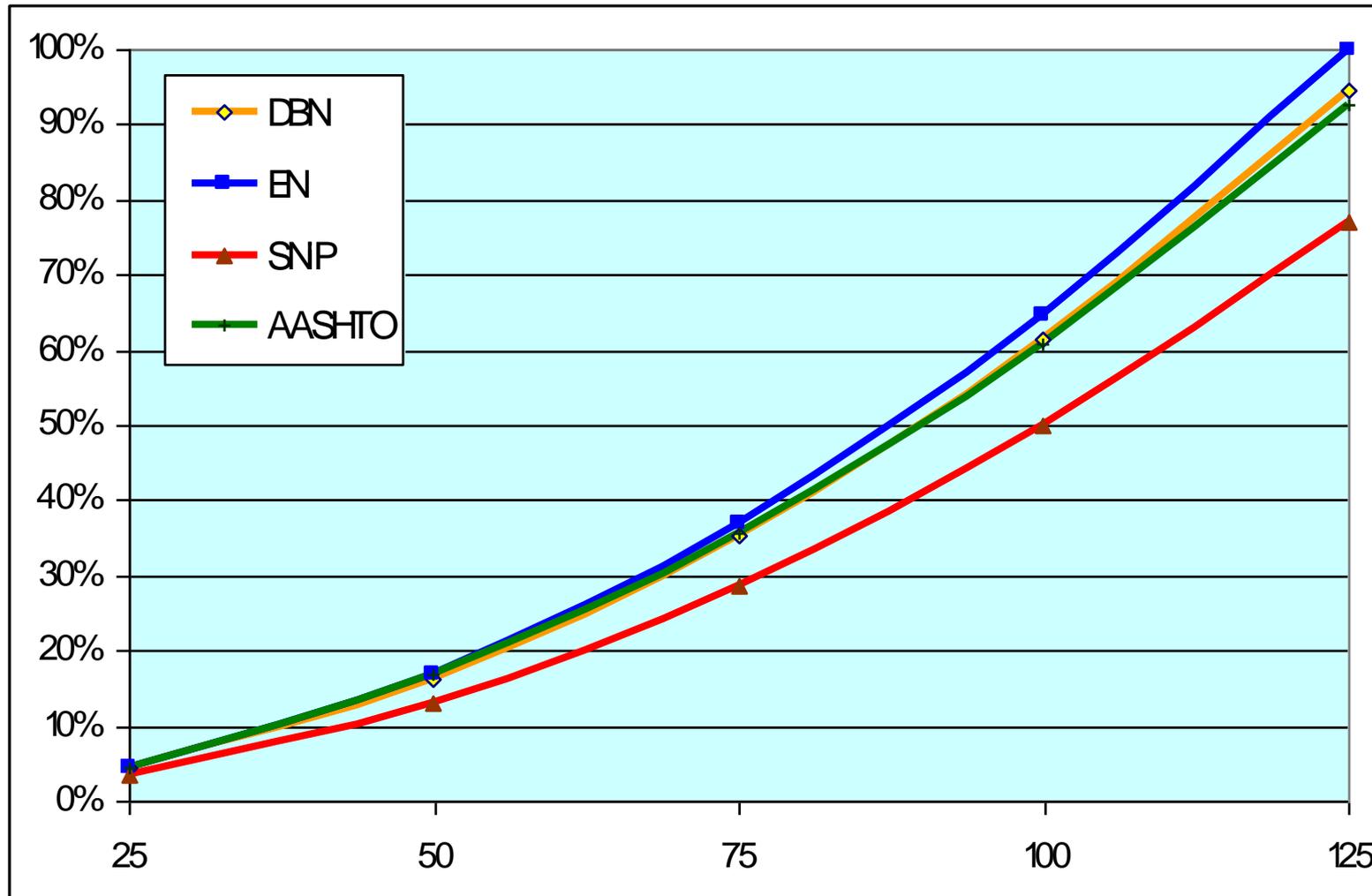
Опорные моменты в двухпролетной балке $\Gamma=14.25$

Moments at support of Double-span Beam $W=14.25$ m



Опорные моменты в двухпролетной балке $\Gamma=18$

Moments at support of Double-span Beam $W=18$ m



Адаптация раздела «Стальные конструкции»

Adaptation of "Steel Structures" section

In 2010, Ukraine issued a new chapter of bridge standards "Steel Structures" - DBN B.2.3-26: 2010. It has 195 pages, and the main text is presented on 40 pages, and in other 155 pages of are given appendix to this regulations. Here's a list of them:

- A. Normative references.
- Б. terms and definitions.
- В. Characteristics of section class
- Г. Work Materials and half-finished products
- Д. Calculation of the effective width of the plates.
- Е. Buckling coefficients for bar elements.
- Ж. Supporting information for the analysis of plane bar buckling (loss of stability).

В 2010 году в Украине вышла новая глава мостовых норм «Стальные конструкции» - ДБН В.2.3-26:2010. Объем норм 195 страниц, причем основной текст изложен на 40 страницах, а на 155 страницах даны приложения. Вот их перечень:

- А. Нормативные ссылки.
- Б. Термины
- В. Характеристики классов сечений
- Г. Материалы и полуфабрикаты
- Д. Расчет эффективной ширины плит
- Е. Коэффициенты продольного изгиба для стержневых элементов
- Ж. Вспомогательная информация для расчетов плоской формы потери устойчивости

Адаптация раздела «Стальные конструкции»

Adaptation of "Steel Structures" section

- И. Flexural-torsional buckling.
- К. The local stability calculation of the stiffened walls.
- Л. The plate buckling calculation of orthotropic steel plate deck.
- М. Fatigue calculation of highway bridge parts.
- Н. Factor to calculate the fatigue.
- П. Orthotropic plate.
- Р. Joints.
- С. Steel rope elements.
- Т. Bridge Bearings.
- У. Expansion joints.
- Ф. Basic notation.

- И. Изгибно-крутильная форма потери устойчивости
- К. Расчет местной устойчивости стенок, подкрепленных ребрами жесткости
- Л. Устойчивость пластинок ортотропных плит
- М. Расчет выносливости элементов автомобильных мостов
- Н. Коэффициенты для расчетов выносливости
- П. Ортотропные плиты
- Р. Соединения
- С. Стальные канатные элементы
- Т. Опорные части
- У. Деформационные швы
- Ф. Основные обозначения

Адаптация раздела «Стальные конструкции»

Adaptation of "Steel Structures" section

Partial safety factors.

The design resistance of steel is the nominal yield stress divided in the partial safety factor for material strength.

In the Eurocode, the partial safety factor on the yield point cfluculation including local buckling, identified as $g_{M0} = 1.0$. In DBN B.2.3-26: 2010 the relevant factor g_m for low-alloy steels take equal to 1.1 and for carbon steels is 1.05.

.

Коэффициенты надежности

Расчетное сопротивление стали - это номинальное значение текучести деленное на частный коэффициент .

В Еврокоде, частный коэффициент для расчетов по пределу текучести включая местную потерю устойчивости, обозначен как $g_{M0} = 1.0$. В ДБН В.2.3-26:2010 этот коэффициент принят $g_m = 1.1$ для низколегированных сталей и 1.05 - для углеродистых.

Адаптация раздела «Стальные конструкции» Adaptation of "Steel Structures" section

Partial factors.

In addition, the DBN B.2.3-26:2010 is introduced the following partial factors:

$\gamma_n = 1.0$ - for all non-core bridge members.

$\gamma_n = 1.1$ - for members whose destruction would cause the bridge collapse.

$\gamma_u = 1.1$ - for bridge members, which are designed to limit of the ultimate strength.

$\gamma_{wm} = 1.25$ - for calculate the cross sections of welds

$\gamma_m = 1.6$ - to calculation of rope strength.

Коэффициенты надежности

Помимо этого в ДБН В.2.3-26:2010 введены следующие коэффициенты надежности:

$\gamma_n = 1.0$ - для всех элементов моста, кроме ключевых

$\gamma_n = 1.1$ - для элементов, разрушение которых вызовет разрушение моста.

$\gamma_u = 1.1$ - для элементов, которые рассчитываются по временному сопротивлению.

$\gamma_{wm} = 1.25$ по расчету сечений сварных швов

$\gamma_m = 1.6$ - по расчету прочности канатов

Адаптация раздела «Стальные конструкции» Adaptation of "Steel Structures" section

Adaptation of section class

In DBN B.2.3-26: 2010 considered only two classes of sections:
Class 1 Flexible Work section
Class 2 Full plastic with possible formation of a plastic hinge (plastic centroid).

Class 2 recommended for compact sections, ie, for the sections in which local buckling is not possible.

Class 4, which takes place in the Eurocodes, allows the possibility of local buckling, but the current DBN it's not allows.

Адаптация классов сечений

В ДБН В.2.3-26:2010 рассмотрены только два класса сечений:
Класс 1 Упругая работа сечения
Класс 2 Полная пластика с возможностью образования пластического шарнира.

Класс 2 рекомендован для компактных сечений, т.е., для сечений в которых местная потеря устойчивости невозможна.
Класс 4 по Еврокоду, который предполагает возможность местной потери устойчивости, в настоящее время в ДБН не допускается.

Адаптация раздела «Стальные конструкции» Adaptation of "Steel Structures" section

The material adapting

To apply a new foreign steel in Ukraine all steel from the DBN B.2.3-26: 2010 is classified according to EN 10025.

Steels divided for:

- non-alloy steel
- low-alloy normalized
- low-alloy thermostrengthened
- weathering steel
- high yield stress steel

Адаптация материалов

Для возможности применения зарубежных сталей в Украине, в приложении Г ДБН В.2.3-26:2010 стали, классифицированы как в EN 10025.

Стали разделены на:

- углеродистые
- низколегированные нормализованные;
- низколегированные термоупрочненные;
- атмосферостойкие;
- стали с высоким пределом текучести.

Адаптация раздела «Стальные конструкции» Adaptation of "Steel Structures" section

The material adapting

DBN B.2.3-26: 2010 imposes requirements for steels the following index:

- the ratio of limit of the ultimate strength to yield point;
- percent elongation at failure;
- impact resistance value;
- carbon equivalent value.

If the steel meets the specified requirements, it can easily be applied to the bridge constructions in Ukraine.

Адаптация материалов

Для сталей в ДБН В.2.3-26:2010 даны требования по следующим показателям:

- отношение временного сопротивления к пределу текучести;
- относительное удлинение после разрыва;
- значения ударной вязкости;
- значения углеродного эквивалента.

В том случае, если сталь отвечает выдвинутым требованиям, она может беспрепятственно быть применена для конструкций мостов в Украине.

Адаптация раздела «Стальные конструкции» Adaptation of "Steel Structures" section

Adapting of fatigue calculations

Fatigue calculations which presented in the SNiP have been based on the classical theory of resistance to fatigue. Method consider the characteristics of cycles. Unfortunately, a set of components and elements in the SNiP is very limited, which does not allow to assess fatigue of new component s of the bridge, such as orthotropic plates with box-ribs

Адаптация расчетов выносливости

Расчеты выносливости, представленные в СНиП были построены по классической теории усталостной прочности. Методика учитывает характеристики циклов. К сожалению, набор узлов и элементов в СНиП крайне ограничен, что не позволяет оценивать выносливость новых узлов моста, например, плиты с коробчатыми ребрами.

Адаптация раздела «Стальные конструкции» Adaptation of "Steel Structures" section

Adapting of fatigue calculations

When developing the Eurocodes was made a huge practical work on the fatigue tests of variety of components and parts, in order to determine the relative threshold fatigue.

Library set of tests gives an evaluation into fatigue of the bridge almost any design.

Set constructions and fatigue thresholds in the American standards are closed to Eurocodes, but have a different methods of calculation.

Адаптация расчетов выносливости

При разработке Еврокодов была выполнена огромная практическая работа по испытаниям на усталость разнообразных элементов и деталей, с целью определения относительных порогов усталости.

Набор библиотеки испытаний позволяет оценить усталость элементов моста практически любой конструкции.

Набор конструкций и пороги усталости в американских нормах и Еврокодах близки, но методики расчета разные.

Адаптация раздела «Стальные конструкции» Adaptation of "Steel Structures" section

Adapting of fatigue calculations

In DBN B.2.3-26 adopted methodology that allows to use specified in the Eurocodes relative threshold fatigue.

However, the technique requires to count the number of cycles for the design life of the bridge.

For calculation of fatigue was taken a special load model.

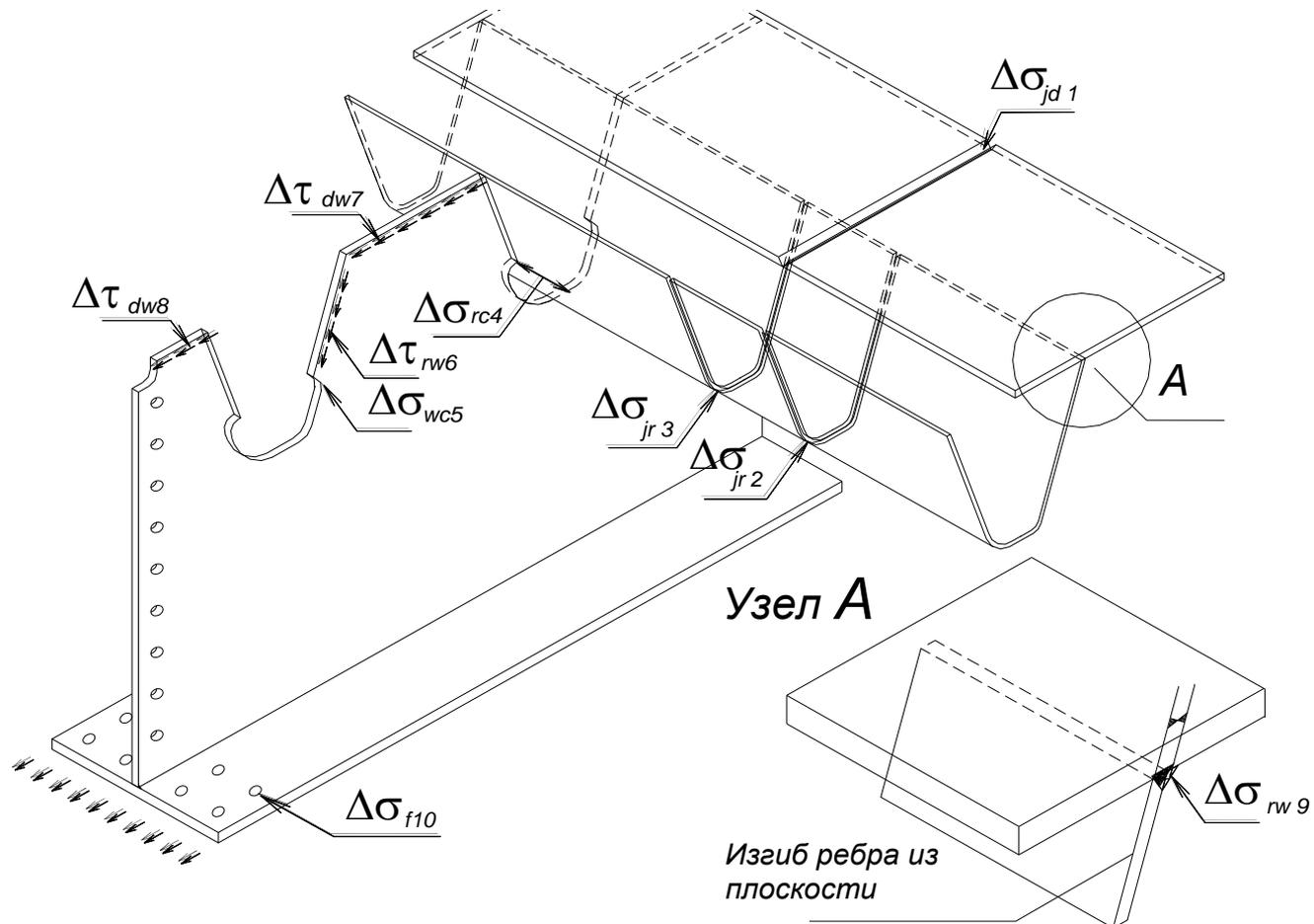
Адаптация расчетов выносливости

В ДБН была принята методика, позволяющая использовать определенные в Еврокодах относительные пороги усталости. При этом, методика предполагает вести подсчет числа циклов за проектную жизнь моста.

Для расчетов усталости принята специальная грузовая модель.

Адаптация раздела «Стальные конструкции» Adaptation of "Steel Structures" section

Adapting fatigue calculations / Адаптация расчетов выносливости



Адаптация раздела «Стальные конструкции»

Adaptation of "Steel Structures" section

Adapting of structures

Design of steel bridges in the USSR was sufficiently developed that allowed to optimize the design of the majority of the components and elements of steel bridges. To the constructions, which came recently to us from abroad can be attributed only following:

- Cable elements and their attachment;
- Orthotropic plate with closed ribs. Experience Eurocodes was moved to DBN B.2.3-26: 20010 in Annex P "Orthotropic Plate," and Appendix C "Steel wire rope elements", with minor changes.

Адаптация конструкций

Проектирование стальных мостов в СССР было достаточно развитым, что позволило оптимизировать конструкции большинства узлов и элементов стальных мостов. К конструкциям, которые к нам пришли в последнее время из-за рубежа можно отнести только следующие:

- канатные элементы и их крепления;
- ортотропные плиты с замкнутыми ребрами.

Опыт Еврокодов был перенесен в приложение П «Ортотропные плиты» и приложение С «Стальные канатные элементы» ДБН В.2.3-26:20010, с минимальными изменениями.