

IDEA StatiCa Connection

С чего начать?

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

Содержание

1	Bc	тупле	ние	6
	1.1	Заче	ем столько макулатуры?	6
	1.2	Уста	новка программы	7
	1.3	Я уж	е скачал и установил IDEA StatiCa, что дальше?	8
	1.4	Мне	е некогда читать мануалы. Скажите, куда нажимать?	9
2	Зн	акомо	тво с программой	11
	2.1	Дис	тетчер создания модели	11
	2.2	Пол	ьзовательский интерфейс	12
	2.2	2.1	Главная вкладка	12
	2.2	2.2	Вкладка «Конструирование»	13
	2.2	2.3	Вкладка «Проверка»	14
	2.2	2.4	Вкладка «Отчёт»	14
	2.2	2.5	Вкладка «Материалы»	15
	2.3	Расч	ёт	15
	2.4	Отчё	т по результатам	16
3	Ка	к пові	ысить эффективность работы в IDEA StatiCa	18
	3.1	Встр	оенные шаблоны узлов	18
	3.2	Шаб	лоны монтажных операций	18
	3.3	Имп	орт нагрузок из Excel	22
	3.4	Коп	ирование монтажных операций	24
	3.5	Наст	ройки вида	26
4	Пр	имер	ы расчёта стальных узлов в IDEA StatiCa Connection	27
	4.1	Сты	к пластин на обычных болтах	27
	4.1	.1	Создание нового проекта	27
	4.1	.2	Настройка геометрии модели	28
	4.1	.3	Нагрузки	30
	4.1	.4	Конструирование	30
	4.1	.5	Расчёт и проверка	31
	4.1	.6	Анализ полученных результатов	32
	4.1	.7	Отчёт	33
	4.2	Узел	і крепления связевых подкосов к прогону	36
	4.2	2.1	Создание нового проекта	36
	4.2	2.2	Настройка геометрии модели	38
	4.2	2.3	Нагрузки	41
	4.2	2.4	Конструирование	42
	4.2	2.5	Расчёт несущей способности узла	45
	4.2	2.6	Упругопластический расчёт	46
	4.2	2.7	Сравнение результатов с ручным расчётом	47

4.2.8	3 Отчёт	47
4.3 (Стык пластин на сварке	48
4.3.1	L Создание нового проекта	48
4.3.2	2 Настройка геометрии модели	50
4.3.3	3 Нагрузки	52
4.3.4	1 Конструирование	52
4.3.5	5 Расчёт узла в режиме Design Resistance	54
4.3.6	5 Расчёт узла в режиме Elasto-Plastic	54
4.3.7	7 Сравнение результатов с ручным расчётом	55
4.4 I	Балочный стык на высокопрочных болтах	56
4.4.1	L Создание нового проекта	56
4.4.2	2 Настройка геометрии модели	58
4.4.3	3 Нагрузки	59
4.4.4	4 Конструирование	60
4.4.5	5 Расчёт несущей способности	62
4.4.6	5 Упругопластический расчёт	63
4.4.7	7 Сравнение результатов с ручным расчётом	68
4.4.8	3 Отчёт	68
4.5 0	Стык двутавров на торцевых пластинах	70
4.5.1	L Создание нового проекта	71
4.5.2	2 Настройка геометрии модели	72
4.5.3	3 Нагрузки	73
4.5.4	4 Конструирование	74
4.5.5	Б Расчёт и проверка	74
4.5.6	5 Оптимизация конструкции узла	76
4.5.7	7 Отчёт	79
4.6	Узел стыка нижнего пояса фермы типа «Молодечно»	80
4.6.1	L Создание нового проекта	80
4.6.2	2 Настройка геометрии модели	81
4.6.3	3 Нагрузки	83
4.6.4	4 Конструирование	83
4.6.5	5 Добавление группы болтов	84
4.6.6	5 Расстановка рёбер жёсткости	84
4.6.7	7 Расчёт и проверка	87
4.6.8	3 Преднапряжённые болты	89
4.6.9	Э Пластины	90
4.6.1	IO Сварные швы	91
4.6.1	L1 Отчёт	91
BIM-	-связки с Tekla, SAP2000, ETABS и Advance Steel	95
5.1	Tekla Structures	95

	5.2	SAP2000		97
	5.3	ETABS		97
	5.4	Advance Steel		97
6	Во	просы и ответы		99
	6.1	Лицензирование		99
	6.1	1 Не пришёл ключ активации		99
	6.1	.2 Закончилась триальная лиценз	ия. Что делать?	99
	6.1	3 Как получить коммерческую ли	цензию?	99
	6.2	Самые частые вопросы		.100
	6.2	.1 А интерфейс на русском?		.100
	6.2	.2 А по нашим нормам считает?		.100
	6.2	.3 Есть ли сертификат соответстви	я?	.101
	6.2	.4 Какие узлы можно рассчитыва	ъ в IDEA StatiCa?	.102
	6.3	«Как сделать так, чтобы» или люб	имые вопросы пользователей	.106
	6.3	.1 Как задать преднапряжённые (болты?	.106
	6.3	.2 Как задать одноболтовое соед	инение? Советы по заданию позиций болтов/анкеров	.107
	6.3	.3 Любимый вопрос пользователе	⊇й	.111
	6.3	.4 «Подвисания» при вращении к	юдели	.113
	6.3	.5 Не выполняется расчёт		.113
	6.3	.6 Как поменять палитру графиче	ского интерфейса	.116
	6.4	Как строится расчётная модель узла		.117
	6.4	.1 Создание элементов		.118
	6.4	.2 Задание нагрузок		.118
	6.4	.3 Конструирование		.118
	6.4	.4 Граничные условия, связи и оп	орный элемент	.120
	6.4	.5 Равновесие нагрузок		.125
	6.4	Сетка конечных элементов		.126
	6.4	.7 Режимы расчёта узлов		.127
7	По	лезные ресурсы		.129

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

1 Вступление

Уважаемый пользователь! Благодарим Вас за интерес к программному обеспечению IDEA StatiCa! Мы надеемся, что процесс тестирования программы оставит у Вас положительное впечатление.

Пособие, которое Вы сейчас держите в руках (или же читаете на экране своего монитора, смартфона или планшета), написано с одной целью – помочь Вам быстрее подружиться с IDEA StatiCa Connection. Особенно полезным оно будет для пользователей триальной лицензии – двух недель может оказаться мало, если опыта работы в программе нет. Прежде чем запустить программу, настоятельно рекомендуем прочитать хотя бы первые три главы мануала. Это займёт у Вас не так много времени, как кажется, зато поможет избавиться от многих вопросов, замедляющих процесс тестирования.

В тексте Вы встретите множество ссылок на различные веб-ресурсы, видеоматериалы и другие главы пособия(ий). В одном из разделов Вы найдёте ответы на самые частые вопросы пользователей IDEA StatiCa. Всё это поможет сэкономить Ваше время. Если вдруг какая-то ссылка не будет работать, пожалуйста, сообщите нам – мануал все время дорабатывается и пополняется свежими примерами.

Постараемся не утомлять Вас сухими формулировками, свойственными для технической литературы и справочных пособий. Если манера изложения материала покажется Вам слишком свободной – пожалуйста, не обижайтесь на нас. Нам самим не очень-то интересно писать занудные тексты. А тут и интересно, и весело, и, что самое главное, с пользой. Разве это не самое главное?

1.1 Зачем столько макулатуры?

А затем, что каждое из пособий полезно по-своему:

IDEA StatiCa Connection. С чего начать?

Будет полезно как начинающим, так и продвинутым пользователям. Кроме описания принципов, заложенных в программу, здесь также приводятся наиболее распространённые ошибки при работе с IDEA StatiCa Connection и способы их решения. Доступно всем лицензионным пользователям, включая пробные лицензии, но **НЕ** какие-нибудь другие. Если хотите, можете распечатать этот мануал, если Вам так удобнее. Мы не будем против.

IDEA StatiCa Connection. Руководство пользователя

В руководстве пользователя можно найти подробное описание графического интерфейса, а также получить информацию по использованию каждой монтажной операции, работе с шаблонами, библиотекой материалов и настройке отчётов. Входит в комплект поставки коммерческих лицензий в распечатанном виде.

IDEA StatiCa Connection. Теоретические основы

Здесь приводится описание математических моделей, заложенных в программу, особенности выполнения процедуры расчёта компонентным методом конечных элементов, а также пояснения к проверкам компонентов узла по СП 16.13330.2017 и Еврокоду. Входит в комплект поставки коммерческих лицензий в распечатанном виде.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Если хотите научиться виртуозно владеть программой, советуем начать с первого пособия, а ко второму и третьему обращаться по мере необходимости. Для знакомства с программой и расчётов несложных узлов его будет более чем достаточно. И пусть Вас не пугает то, что мануал такой объёмный. Тут одних только картинок страниц на пятьдесят. Не успеете оглянуться, как прочитаете всё до конца.

1.2 Установка программы

Ну что, поехали?

Включайте компьютер и выходите в интернет. Для установки программы нам понадобятся библиотеки .NET Framework 4.7. Если у Вас их нет, то загрузить их можно на официальном сайте Майкрософт (https://www.microsoft.com/cs-cz/download/details.aspx?id=55167). Без библиотек .NET Framework начать установку программы не получится.

Ещё не успели скачать саму программу? Последняя версия всегда доступна на сайте разработчика: https://www.ideastatica.com/downloads/. После загрузки файла смело запускаем его.



Дальше всё как обычно: жмём на кнопку «Next», пока программа не установится на Ваш компьютер. По завершению не забудьте активировать <u>ВІМ-связки</u> с другими САD и FEA программами (рисунок ниже). Они нам ещё понадобятся.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

	= StatiCa [®] Calculate yesterday ' s es	timates X
G	Advance Design	Target application not found
TS	Tekla 2018i	Installed
	Tekla 2018	Installed
-	Tekla 2017i	Installed
A	Advance steel 2019	Installed
A	Advance steel 2018	Target application not found
	ETABS 2016	Please add our Add-in into your ETABS 2016
	ETABS 17	Please add our Add-in into your ETABS 17
X	SAP 2000 v 21	Installed
X	SAP 2000 v 20	Installed
<u>X4</u>	Axis VM	Target application not found
R	Robot Structural Analysis	Installed
R	Revit 2019	Install
a de la comercia de l	SCIA Engineer	Target application not found
<u>کۆ</u>	STAAD.Pro v8i	Install
	RFEM 5	Target application not found
	RSTAB 8	Target application not found
4	ConSteel	Install link for ConSteel

Если по каким-то причинам («Да я просто забыл!», «Потом установлю!») Вы не активировали BIMинтерфейсы при установке программы, то это можно сделать при запуске IDEA StatiCa, зайдя во вкладку «ВІМ» стартовой страницы.

1.3 Я уже скачал и установил IDEA StatiCa, что дальше?

Если Вы достаточно опытный пользователь и привыкли всего добиваться самостоятельно – можете смело отложить этот мануал и приступить к работе. Но если вдруг в процессе тестирования у Вас появятся какие-то вопросы, то ответы на них можно найти:

- На сайте разработчика в рубрике FAQ (часто задаваемые вопросы) •
- В этом мануале, в разделе Вопросы и ответы •
- Посмотрев запись вебинара «IDEA StatiCa Ответы на часто задаваемые вопросы»:

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

Если Вы не знакомы с IDEA StatiCa Connection, но хотите научиться основам работы в программе, то переходите к разделу «Знакомство с программой». После этого обязательно загляните в разделы «Как повысить эффективность работы в IDEA StatiCa» и «Примеры расчёта стальных узлов в IDEA StatiCa Connection», там можно узнать много полезного и интересного. Ну и вишенка на торте – раздел «BIMсвязки с Tekla, SAP2000, ETABS и Advance Steel».

Если после прочтения этих разделов у Вас останутся вопросы к программе – пишите нам на почту, контакты в верхней части страницы. При обращении (в письме или по телефону), пожалуйста, не забудьте приложить необходимые файлы и/или скриншоты и представиться (ФИО, организация, контактный телефон, всё как положено). Инкогнитов консультировать не будем 🙂.

1.4 Мне некогда читать мануалы. Скажите, куда нажимать?

Если Вам не терпится ринуться в бой и с головой окунуться в КМКЭ-расчёты (что такое КМКЭ?), смело запускайте программу. Что же тут у нас?



Перед Вами стартовая страница. Эдакое распутье. На кнопку «Connection» нажмёте – в программу для стальных узлов попадёте. А на «Detail» можете не нажимать, это модуль для железобетона. Мы здесь не за этим. Поэтому жмите на «Connection».

Ну а дальше можете сделать пару уроков отсюда (правда, они на английском, но Вас не должно это останавливать).

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Изучите примеры расчёта узлов, которые приводятся в этом мануале. Пока делаете уроки или просто жмёте на все кнопки подряд, можете краем глаза посматривать вебинары от разработчика (они на английском языке, но там всё и так ясно) или наши вебинары (они на русском языке, в них тоже можно найти много интересного);

Ну вроде и всё, на сегодня хватит. Дальше сами. А будет скучно – ознакомьтесь с остальными разделами этого пособия.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

2 Знакомство с программой

2.1 Диспетчер создания модели

Стартовую страницу Вы уже видели. После нажатия на кнопку «Connection» 🎽 мы попадаем в диспетчер создания нового узла:



Рисунок 2-1. Диспетчер создания нового узла

Что тут у нас? Нам сразу предлагают создать модель соединения, нажав на большую оранжевую кнопку «**Создать проект**». Для получения узла, показанного на рисунке выше, не нужно вручную создавать элементы, моделировать болты, высчитывать расстояния между ними и копировать их, задавать сварные швы и ломать голову над тем, какую диаграмму работы принять для болтов и сварки. Мы просто выбираем нормы проектирования (жмём на родной триколор), марку стали, класс болтов и материалы сварки и затем кликаем на большую оранжевую кнопку.

Вжух, и перед нами готовый узел с нагрузками:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

К НИП-ИНФОРМАТИКА



Можно хоть сейчас нажимать на кнопку «Расчёт». Но с этим пока повременим. Не всё сразу.

2.2 Пользовательский интерфейс

Немного приглядевшись, можно заметить, что интерфейс у программы ленточный и состоит из 5 вкладок с разными кнопками. Давайте изучим их чуть подробнее.

2.2.1 Главная вкладка

Здесь находятся:

- информация о проекте (наименование, дата, нормы проектирования и список узлов)
- параметры графики,
- настройки единиц измерения,
- информация о лицензии и
- различные элементы управления кнопки «Добавить», «Открыть», «Сохранить», «Сох

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Calculate yesterday's estimates	* CONNECT	ION				untitled
\frown	Информация					
<)	untitled					
Добавить						
Открыть	▼ Парам	етры проекта				
Сохранить	Нормы	SP				
Сохранить как	▼ Идент	ификация				
Информация	имя Выпуск				8	
О программе	Автор	40				
Ед. изм.	Дата	31/07/19				
Настройки	Отчёт	Добавьте сю	да текст и рисунки 🕂			
Лицензии					K.	
Закрыть	Все узлы про	ректа			Добавить Скопирова	ть Удалить
Выход	Имя	Ŧ	Описание	Ŧ	Тип расчёта	Отчёт
	> CON1				EPS ST CD DR Напряжение, деформация	+

Рисунок 2-2. Вкладка "Главная"

Посмотрели? Едем дальше.

2.2.2 Вкладка «Конструирование»

/=== StatiCa* CONNECTION					untitle	ed		
Celculate yesterday's estimates Главная	Конструирование	Проверка	Отчёт	Материалы				
СОЛІ - СОЛІ - СОЛІВСКИ - ОТИЛ ЕРЅ ST CD DR Добавить Скопировать Солівски сопировать Скопировать Солівски сопировать Солівски сопировать сопировать Спировать сопировать соп	ить рить Элементы I	С / / / / / / / / / / / / / / / / / / /	Добавить Галерея	Брименить Создать Редактор	Кастройки Расчёт Побщая проверка	АТА Равновесие нагрузок	ХЦЗ Импорт ХЦЗ Импорт из проекта Экспорт	Элемент Нагрузка Операция
Узлы проекта Дан	ie I	Летки	Рисунки	Шаблоны	КМКЭ	Опции	Импорт/Экспорт нагрузок	Добавить

Рисунок 2-3. Вкладка "Конструирование"

Пожалуй, главная рабочая вкладка программы. Она состоит из нескольких блоков:

- Узлы проекта здесь можно переключаться между узлами проекта, копировать их и задавать режимы расчёта.
- Данные тут можно отменить последнюю операцию (или повторить её) и сохраниться.
- Метки блок для настройки отображения меток объектов. Пожалуйста, не включайте их все сразу без надобности. Почему? Ответ здесь.
- Рисунки инструменты для работы со скриншотами. Делайте снимки экрана и добавляйте их в отчёт.
- Шаблоны кнопки для создания/применения шаблонов и доступа к библиотеке шаблонов.
- КМКЭ настройки норм проектирования и расчётов, а также кнопка запуска расчёта
- Опции тут в гордом одиночестве находится кнопка «<u>Равновесие нагрузок</u>». Относитесь к ней с особым вниманием.
- Импорт/Экспорт нагрузок инструменты для <u>передачи нагрузок</u> из Excel или другого проекта.
- Добавить кнопки для добавления новых элементов, загружений и монтажных операций (подрезок, рёбер жёсткости, сварных швов, болтов и т.д.).

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

2.2.3 Вкладка «Проверка»

Первые 4 блока этой вкладки ничем не отличаются от предыдущей. А вот дальше интереснее:

- КМКЭ тут находятся кнопки запуска расчёта, отображения результатов общей проверки в режиме светофора, форм потери устойчивости и проверки по деформациям. Чтобы все кнопки стали активными, нужно запустить расчёт. Но это чуть позже.
- КЭ расчёт здесь можно включить отображение деформированной схемы и настроить её мас-• штаб, показать изополя напряжений и сетку конечных элементов (КЭ), а также вывести на экран изополя пластических деформаций.

2.2.4 Вкладка «Отчёт»

В этой вкладке находятся следующие блоки:

//= StatiCa*	CONNECTION	N					untitled
Calculate yesterday's estimates	Главна	ая Конструирование	Проверка	Отчёт	Материалы		
	۲ <u>۵</u>	C 🖶 🗟	国际农				
EPS ST CD DR Добавит	ъ Скопировать	Обновить Печать Просмотр	DOC PDF DXF	Краткий Водну странии	/ Подробный ВМ 4У	Текущего Всех Выбранных	
Узлы проекта		Просмотр от	чёта	Тиг	п отчёта	Отчёт для	

Рисунок 2-4. Вкладка "Отчёт"

- Узлы проекта с этими кнопками мы уже знакомы
- Просмотр отчёта здесь располагаются команды для предварительного просмотра отчёта и • его экспорта в WORD или PDF, а также для импорта ведомости деталей в формат DXF
- Тип отчёта параметры, отвечающие за его детализацию
- Отчёт для в зависимости от выбранной опции отчёт будет выводиться для текущего узла, только выбранных или же всех узлов проекта

Помимо этого, в правой части окна можно увидеть следующие настройки:

Report		Настройки узлов проен	та	
— Данные проекта	-	Чертежи - модель	2	፝፝ <i>ጟ</i> ዾ፝ጟ
— Параграф			Ι	2
— Материалы	✓	Чертежи - результаты	-	
и Узлы проекта		Ведомость материалов	×	
 Настройки норм проектирования 	-	Формулы	×	:- :=
— Теоретические основы		Пояснения	×	
📙 Информация о ПО		Цвета рисунков	af	

Рисунок 2-5. Настройки отчёта

Report (Отчёт) – флаговые кнопки, отвечающие за содержание отчёта. При необходимости в него можно включить дополнительную информацию о программном обеспечении, теоретические основы и другую информацию.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Настройки узлов проекта – фильтры, с помощью которых также можно настроить содержимое отчёта – вывод формул, пояснений к используемым символам, рисунков и включение в отчёт ведомости деталей.

2.2.5 Вкладка «Материалы»

/==== StatiCa* CONNECTION	ON								U	Intitled
Calculate yesterday's estimates	ная	Конструирование	Проверка	Отчёт	Материа	пы			50	
Сола Сола Сола Сола Сола Сола Сола Сола	БМиИ	Сечение Сталь Бетон	Класс Болтовое болтов соединение	Редактировать	Б Изменить	Сохранить	Скопировать	Щ Удалить	Очистить	
Узлы проекта	DB	Доба	ВИТЬ			Редактир	овать			

Рисунок 2-6. Вкладка "Материалы"

Тут у нас, значит, база данных проекта.

- **DB** библиотека пользовательских материалов (марки сталей, классы болтов) •
- Добавить здесь можно добавить в проект сечение, марку стали, класс бетона или болты. После этого их можно будет использовать для моделирования.
- Редактировать элементы для управления объектами из базы данных. Тут и объяснять-то не-• чего, по названиям кнопок и так всё понятно.

Ну что ж, когда со всеми вкладками разобрались, можно и к расчёту перейти.

2.3 Расчёт

Вернёмся на вкладку «Конструирование» или «Проверка» и запустим расчёт.

/===] StatiCa* CONNECTI	ON				untitle	d		
Colculate yesterday's estimates	зная Констру	уирование Проверка	Отчёг	Материалы				
CONT - CO	 Отменить Повторить Сохранить 	Элементы Пластины ЛСК	Добавить Галерея	🥼 🥻 🦛 Трименить Создать Редактор	Кастройки Расчет Общая норм	∆ Равновесие нагрузок	ХLS Импорт XLS Импорт из проекта Экспорт	Элемент Нагрузка Операция
Узлы проекта	Данные	Метки	Рисунки	Шаблоны	КМКЭ	Опции	Импорт/Экспорт нагрузок	Добавить

Загружения трогать не будем, оставим всё, как есть. После выполнения расчёта перейдём на вкладку «Проверка».

Что же у нас здесь? В левом верхнем углу – сводка по результатам расчёта (наибольшие значения коэффициентов использования элементов). В правой части – таблицы результатов для каждого болта, сварного шва, пластины и т.д. (см. рисунок ниже).

Можете немного побаловаться с графическим выводом результатов: включить отображение деформированной схемы, сетки КЭ и изополей напряжений. Покрутите модельку, раскройте строки в таблице результатов для болтов, проанализируйте результаты проверок, сверьте формулы с СП, а когда наиграетесь – переходите на вкладку «Отчёт».

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

К НИП-ИНФОРМАТИКА



Рисунок 2-7. Результаты расчёта. Вкладка "Проверка"

2.4 Отчёт по результатам

Когда Вы переходите на эту вкладку, программа автоматически начинает генерировать отчёт. Через некоторое время мы сможем выставить настройки отчёта. Выберем следующее:

Report

Настройки узлов проекта

Данные проекта څر J۲∥ **ئر** Þ Чертежи - модель Параграф Ι ۰. Материалы Чертежи - результаты 8 7 9 Узлы проекта <u>.</u>.... Ведомость материалов × - CON1 Формулы × 17 ≣ Настройки норм проектирования Пояснения × Теоретические основы Цвета рисунков лШ. Информация о ПО الد

После изменения настроек отчёт нужно обновить, нажав на кнопку ^{Обновить}. После создания отчёта экспортируем его в формат DOC.



Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

Сохраняем документ и оцениваем результаты:

Проект: Проект №: Автор: *ac-vётные данные *ac-vётные данные ас-dift 6, n. 142.9 *ac-vётные ас-vётные ас-dift 6, n. 142.9 *ac-vётные ас-vётные ас-dift 6, n. 142.9 *ac-vётные ас-vётные ас-dift 6, n. 142.9	Проект: Проект N Автор: $\sqrt{\left(\frac{\dot{x}_{w}}{\lambda_{w}}\right)^{2}}$ где: N _k N _k N _k Сварны Элемент ЕР1а	2: $\frac{1}{1+\left(\frac{N}{N_{th}}\right)^{2}} = 72.5 \text{ kN}$ = 114.3 kN = 4.2 kN = 75.3 kN e ШВЫ	0,64 — усил — Расч — усил — Расч	4 ≤ 1 иераст нётноеу иеводи	,0 яжения силие (ной пло силие (і в болте растяжения рекости срез среза	sa			
Класс Ny Ку Уасчётные данные	Проект N Автор: $\sqrt{\left(\frac{N}{N_{e}}\right)^{2}}$ где: N_{t} N_{ts} Сварны Злемент ЕР1а	e: + $\left(\frac{N_{*}}{N_{e}}\right)^{2} =$ = 72.5 kN = 114.3 kN = 4.2 kN = 75.3 kN e ШВЫ	0,64 – усил – Расч – усил – Расч	4 ≤ 1 инераст нётное у иётное у	,0 яжения колие (ной пло колие (а в болте растяжения оскости срез среза	38			
Растити и про странования при сариге N ₁ Растипивающее усилие N ₂ Растипивающее усилие N ₃ Растипивающее усилие N ₄ Козф-ти использования при сариге U ₃ Козф-ти использования при сариге U ₃ Козф-ти использования при сариге U ₄ Козф-ти использования при сариге N ₄ Сопротивление растикиемо- СП 16, п. 14.2.9 N ₄ Сопротивление растикиемо- СП 16, п. 14.2.9	Автор: $\sqrt{\left(\frac{N_{v}}{N_{v}}\right)^{2}}$ где: N_{t} N_{ts} Сварны Элемент ЕР1а	$+\left(\frac{N_{c}}{N_{tr}}\right)^{2} =$ = 72,5 kN = 114,3 kN = 4,2 kN = 75,3 kN e ШВЫ	0,64 — усил — Расч — усил — Расч	≰ ≤ 1 иераст иётноеу иеводц	,0 яжения силие (ной пла силие (а в болте растяжения роскости срез среза	3a			
Эрасчётные данные Расчётные данные Класс Nath Nath 10.9.9.1 1.14,3 75,3 Оряснения к символам N Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте N Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Равнодействующая поперенных сил VV, Vz в болте Ne Совод-т использования при сравиче Равнодействии растяжении и среза - СП 16 - п.14.2.13 Nu Ne Сопротивление одвичу - СП 16, п. 14.2.9 Равнодействии растяжении и среза - СП 16 - п.14.2.13 Nu	As op. $\sqrt{\left(\frac{x_{w}}{\lambda_{w}}\right)^{2}}$ rge: N_{t} N_{s} N_{s} Сварны Злемент ЕР1а	$+\left(\frac{N}{N_{ts}}\right)^{2} =$ = 72.5 kN = 114.3 kN = 4.2 kN = 75.3 kN e ШВЫ	0,64 — усил — Расч — усил — Расч	4 ≤ 1 иераст иётное у иеводи	,0 яжения силие (ной пло силие (а в болте растяжения роскости срез среза	a			
Класс INH Nat М16 10.9 В - 1 114,3 75,3 Іояснения к символам N. Равнодействующая поперечных сил VV, Vz в болте V. Козф-ти спользования при сравите V. Козф-ти спользования при сравите V. Козф-ти спользования при сравите V. Козф-ти спользования при совите V. Сопротивление садвити» - СП 16, п. 14.2.9 Na Сопротивление садвиту - СП 16, п. 14.2.9	$\sqrt{\left(\frac{N_{e}}{N_{e}}\right)^{2}}$ где: Nt Ns Ns Сварны Элемент ЕР1а	$+\left(\frac{N_{\star}}{N_{e}}\right)^{2} =$ = 72.5 kN = 114.3 kN = 4.2 kN = 75.3 kN e ШВЫ	0,64 – усил – Расч – усил – Расч	4 ≤ 1 ние раст нётное у ние в одц нётное у	,0 яжения «силие) ной пло силие (а в болте растяжения роскости срез среза	38			
Класс Net (RM) Net (RM) M16 10.9 B - 1 114.3 [75.3] Іояснения к символам N. Растяливающее усилие N. Расчёткое учелие смятия - CП 16, n. 14.2.9 Uk, Козф-т использования при растяжении Uk, Козф-т использования при савистном действии растяжения и среза - CП 16 - n.14.2.13 Nw Спортотивление растяжению - CП 16, n. 14.2.9 Nw Сопротивление растяжению - CП 16, n. 14.2.9	у (1%) где:	(-12) = 72,5 kN = 114,3 kN = 4,2 kN = 75,3 kN E ШВЫ	– усил – Расч – усил – Расч	ие раст иётное у ие в оди иётное у	яжения «силие) ной пло силие (а в болте растяжения оскости срез среза	a			
Киасс [Kin] [Kin] М16 10.9 В - 1 114.3 75,3 Іояснения к символам N. Равснайствующая полерачных сил VV, V2 в болте V. Козф-ти копользования при сависи U. Козф-ти копользования при савистном действии растяжения и среза - СП 16 - п.14.2.13 Na Сопротивление саряичу - СП 16, п. 14.2.9 Na Сопротивление саряичу - СП 16, п. 14.2.9	лде. <i>N_{tt}</i> <i>N_{ts}</i> Сварны Элемент ЕР1а	= 72,5 kN = 114,3 kN = 4,2 kN = 75,3 kN E ШВЫ	– усил – Расч – усил – Расч	ие раст кётное у ие в оди кётное у	яжения «силие р ной пло «силие (а в болте растяжения оскости срез среза	a			
М16 10 49 - 1 [114,3] 75,3] Іояснения к символам	л _t N _b N _s Сварны Элемент ЕР1а	= 72,5 KN = 114,3 KN = 4,2 KN = 75,3 KN е швы	– усил – Расч – усил – Расч	ие раст ютное у ие в оді ютное у	кажения кой пла силие к	а в солте растяжения оскости срез среза	a			
Іояснения к символам N, Растятивающее усилие N, Растятивающее усилие N, Равнодействующия поперечных сил VV, Vz в болте N, Равнодействующия поперечных сил VV, Vz в болте VV, Козф-т и спользования при растяжении UV, Козф-т и спользования при саряге VV, Козф-т и саряге VV, VV, Козф-т и саряге V	N _{tt} N _s N _{bs} Сварны Элемент ЕР1а	= 114,3 kN = 4,2 kN = 75,3 kN е швы	– Расч – усил – Расч	ιётное у ие в оді ιётное у	илие ∣ ной пло исилие и	растяжения оскости срез среза	a			
N. Растяливающее усилие N. Равнодействующая поперечных сил Vy, Vz в болте N ₁₀₀ Равчёткое усилие смятия - СП 16, п. 14.2.9 Ut, Козф-т использования при растяжении Ut, Козф-т использования при сдвиге Ut ₁₀₀ Козф-т использования при сдвиге Ut ₁₀₀ Козф-т использования при совместном действии растяжения и среза - СП 16 - п.14.2.13 N ₁₀₀ Сопротивление одятично - СП 16, п. 14.2.9 N ₁₀₀	N, Nts Сварны Элемент ЕР1а	= 4,2 kN = 75,3 kN е швы	– усил – Расч	ие в оді іётное у	ной пло осилие о	оскости срез среза	a			
№ Растяливающее училие № Равинод-бятвующая полеречных сил Vy, V2 в болте № Расчёткое усилие смятия - СП 16, п. 14.2.9 Ut, Козф-т и спользования при растяжении Ut, Козф-т и спользования при содике Ut, Козф-т и спользования при содике Ut, Козф-т и спользования при содикет Nu сопротивление растяжению - СП 16, п. 14.2.9 № Сопротивление растяжению - СП 16, п. 14.2.9	_{Nbs} Сварны Элемент ЕР1а	= 75,3 kN е швы	- Pac	іётное у	силие	cpesa				
N _α Равноденствующая поперечных сил Vy. V2 в болте N _α Рак-Итоне усилие сиятия - CП 16, п. 14.2.9 Ut, Kosq-т и спользования при растяжении Ut _α Kosq-т и спользования при сариге Ut _α Kosq-т и спользования при сариге N _α Concornenente растяжению - CΠ 16, п. 14.2.9 N _{ba} Concornenente растяжению - CП 16, п. 14.2.9	Сварны Элемент ЕР1а	ешвы								
Ць Козф-т использования при растяжении UL, Козф-т использования при срвите UL, Козф-т использования при срвите UL, Козф-т использования при совиестном действии растяжения и среза - СП 16 - п.14.2.13 N ₀ , Сопротивление растяженио - СП 16, п. 14.2.9 N ₀₈ Сопротивление сдвигу - СП 16, п. 14.2.9	Сварны Элемент ЕР1а	ешвы								
Ut _a Козф-т использования при сдвиге Ut _a Козф-т использования при совместном действии растяжения и среза - СП 16 - п.14.2.13 N _и Сопротивление растяжению - СП 16, п. 14.2.9 N _{ия} Сопротивление сдвигу - СП 16, п. 14.2.9	Сварны Элемент ЕР1а	ешвы								
Ut _в Козф-т использования при совместном действии растяжения и среза - СП 16 - п.14.2.13 №, Сопротивление растяжению - СП 16, п. 14.2.9 № _{ва} Сопротивление сдвигу - СП 16, п. 14.2.9	Элемент ЕР1а									
N _{bs} Сопротивление сдвигу - СП 16, п. 14.2.9	Элемент ЕР1а		k.		har		N	ller	Um	-
	EP1a	электрод	[mm]	[mm]	[mm]	Нагрузки	[kN]	[%]	[%]	Статус
11		350	45,7	120	11	LE1	10,5	87,1	76,1	OK
Іодробные результаты для В4	FP1a	350	45,7	120	11	LE1	10.6	85,4	745	OK
		350	45.7	119	11	LE1	11.4	95.6	83.5	OK
проверка на растяжение (SP 10 - 0.14.2.3)	EP1a	350	45,7	249	12	LE1	8,9	68,0	59,4	ОК
$N_{ld} = R_{ld} \cdot A_{lm} \cdot \gamma_c = 114,3 \text{ kN} \ge N_c = 72,5 \text{ kN}$		350	⊿ 5,7	249	12	LE1	8,9	68,0	59,4	OK
de:	EP1b	350	45,7	120	11	LE1	10,5	87,0	76,1	OK
R _{bt} = 728,0 MPa – расчётное сопротивление растяжению	EP1b	350	45,7	120	11	LE1 LE1	10,6	85,4	74.5	OK
$A_{bn} =$ 157 mm ² – площадь резьбовой части болта нетто	2.1.0	350	45.7	119	11	LE1	11.4	95,6	83,5	OK
γ _с = 1,00 – коэф-т условий работы	EP1b	350	45,7	249	12	LE1	9,0	68,4	59,8	ОК
	0 10 4	350	45,7	249	12	LE1	9,0	68,4	59,8	OK
Іроверка на срез (SP 16 - Cl.14.2.9)	C-DII 1	350	44,2	83	9	LE1	7.3	97,1	81.4	OK
$N_{bs} = R_{bs} \cdot A_b \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c = 75,3 \text{ kN} \ge N_s = 4,2 \text{ kN}$	C-w 1	350	44,2	148	9	LE1	2,9	38,3	32,1	OK
ne.		350	⊿4,2	148	9	LE1	2,8	37,0	31,0	ОК
R _{br} = 416.0 MPa – расчётное сопротивление срезу	C-tfl 1	350	44,2	83	9	LE1	7,3	97,1	81,4	OK
	C-bfl 1	350	▲4,2 ▲4,2	83	9	LE1	7.3	97,1	61,4 81,4	OK
		350	44,2	83	9	LE1	7,3	97,1	81,4	ОК
тр – v.vv – коэф-т условии расоты солтового соединения	C-w 1	350	⊿4,2	148	9	LE1	2,8	37,0	31,0	ОК
γ _c = 1,00 – козф-т условий работы	0.49.1	350	44,2	148	9	LE1	2,9	38,3	32,1	OK
Inononia uz cumulo (SP 16 (CI 14 2 9)	0-01	350	44.2	83	9	LE1	7.3	97.1	81.4	OK
$N_{\rm e} = R_{\rm e} d_{\rm e} t_{\rm e}^{\rm o} r_{\rm e}^{\rm o} = -4000$ M $r_{\rm e} = 10^{-10}$	C-bfl 1	350	44,2	83	9	LE1	6,4	85,2	71,4	ОК
$v_{10} - v_{0} - v_{0} - v_{10} - v_{10} - 106,9 \text{ kN} \ge V_s = 4,2 \text{ kN}$		350	⊿4,2	83	9	LE1	6,7	89,1	74,7	ОК
де:	C-w 1	350	44,2	148	9	LE1	1,6	21,1	17,7	OK
R _{6p} = 645,4 MPa – расчётное сопротивление смятию соединяемых элементов	C-tfl 1	350	4 4,2 4 4,2	148	9	LE1 LE1	1,4	18,4	15,4	OK
d _b = 16 mm – диаметр болта		350	44,2	83	9	LE1	6,7	89,1	74,7	OK
t = 12 mm – суммарная толщина пластин, сминаемых в одном направлении	C-bfl 1	350	44.2	83	9	LE1	6,6	88,7	74,4	ОК
уь = 0.90 – коэф-т условий работы болтового соединения	0.001	350	44,2	83	9	LE1	6,4	85,3	71,5	OK
2. = 1.00 road Tucnerul pañotu	G-W 1	350	44,2	148	9	LE1	1,4	16,4	15,4	OK
ие — нооф-тусловии расства	C-tfl 1	350	44,2	83	9	LE1	6,6	88,7	74,4	OK
орверка на совместное лействие растяжения и слвига (SP 16 - Cl 14 2 13)		350	4 4,2	83	9	LE1	6,4	85,3	71,5	ОК

В отчёте Вы найдёте:

- Напряжения в пластинах; •
- Усилия в болтах;
- Напряжения в сварных швах; •
- Коэффициенты использования компонентов узла; •
- Формулы с пояснениями; •
- Ведомость изделий и многое другое. •

На этом с расчётами, пожалуй, всё. Но знакомство с программой на этом не заканчивается. Продолжайте погружение – сделайте парочку уроков из раздела «Примеры расчёта стальных узлов в IDEA StatiCa Connection». Ознакомьтесь с материалом раздела «Как повысить эффективность работы в IDEA StatiCa», а когда разберётесь с этим, можете приступать к тестированию BIM-связок с Tekla, ETABS, SAP2000, Advance Steel и др. Их использование существенно ускоряет процесс. Скоро Вы сами убедитесь в этом.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

3 Как повысить эффективность работы в IDEA StatiCa

3.1 Встроенные шаблоны узлов

Разработчики позаботились о Вас и добавили в программу много различных шаблонов узлов для быстрой и продуктивной работы. Все они доступны в главном окне при создании нового проекта:



Здесь Вы найдёте рамные узлы, стыки балок, узлы ферм, базы колонн и многое другое. Выберите нужный *класс* узла (балочный, ферменный, рамный, опорный), *топологию, исполнение* (конструкцию узла) и *параметры* - марку стали, класс болтов, материалы сварки и класс бетона и жмите на кнопку **Создать проект**.

Отлично! Подстройте узел под себя (толщины рёбер жёсткости, количество болтов и т.д.), задавайте нагрузки и приступайте к расчёту. На всё это уйдёт всего несколько минут.

3.2 Шаблоны монтажных операций

Если Вы впервые столкнулись с понятием «монтажная операция», изучите материал раздела <u>«Как стро-</u> <u>ится расчётная модель узла»</u>. Дальше создадим проект шаблон без монтажных операций (чтобы освоить парочку полезных приёмов) со следующими параметрами:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Щёлкнем правой кнопкой мыши на элементе **«В1»**. Появится небольшое контекстное меню. Здесь можно изменить сечение элемента и настроить конструкцию крепления его к другим частям узла.



Щёлкнем на строку «Прикрепить к...», а затем на колонну и выберем подходящий шаблон:

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА 192102, Санкт-Петербург, Телефон:(812) 321-00-55 Email: idea@nipinfor.ru улица Фучика, д. 4, лит. «К» Группа в Телеграм: **IDEA StatiCa Russia** _ _ _ _ _ + C]] ♥ Свој 2 - CON1 (2652) Зеркально У Зеркально Z Позиция e - β["] 0,0 B2 Наклон - у [°] 0,0 ение - α [*] уение - ех [mr 0,0 m] 0 Враще LE1 -Mz B2 С

Затем снова щёлкнем правой кнопкой мыши на элементе «В1» и нажмём на строку «Правка...». Добавим вырез на поясах балки в форме трапеции.



В созданных монтажных операциях типа «Отверстие» настроим размеры вырезов:

CON1(20K2). Ma

л СЗ45, Т

• / +

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Проделаем похожие действия с балкой «В2», прикрепив её к колонне «С» при помощи болтов и вутов, и с самой колонной «С», добавив на ней рёбра жёсткости.



Ну вот, всего несколько минут и мы создали свой собственный узел. Теперь Вы умеете пользоваться быстрыми шаблонами монтажных операций.

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

3.3 Импорт нагрузок из Excel

Если в узле сходится несколько элементов или Вы хотите рассчитать узел на различные загружения, то эта информация будет Вам очень полезна.

Воспользуемся проектом, созданным в предыдущем разделе. А перед тем как задать нагрузки, выполним некоторые действия.

Перейдите на вкладку «Конструирование» и сделайте активной кнопку «Равновесие нагрузок» на ленте «Опции». В свойствах элементов «B1» и «B2» задайте тип расчётной модели «N-Vy-Mz»:



Далее нажмите на кнопку «XLS Импорт» на ленте Импорт/Экспорт. Подготовьте в Excel таблицу по подобию с выделенным фрагментом, изображённым на рисунке ниже.

1мя	Элемент	Позиция	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Порядок нагр
E2	с	Начало	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	С - Начало
	с	Конец	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	С - Конец
	B1	Конец	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	В1 - Конец
	B2	Конец	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	В2 - Конец

Рисунок 3-1. Форма для импорта нагрузок в IDEA StatiCa

Скопируйте таблицу со значениями усилий в Excel. Если строк в таблице Excel будет больше, чем в IDEA StatiCa, новые загружения будут добавлены автоматически.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



N	Vy	Vz	Мх	Му	Mz
100	0	20	0	30	0
-60	0	-20	0	30	0
0	0	20	0	40	0
0	0	-60	0	100	0
120	0	24	0	36	0
-72	0	-24	0	36	0
0	0	24	0	48	0
0	0	-72	0	120	0
96	0	19,2	0	28,8	0
-57,6	0	-19,2	0	28,8	0
0	0	19,2	0	38,4	0
0	0	-57,6	0	96	0

Поместите курсор в первую ячейку столбца «N [kN]» и щёлкните один раз левой кнопкой мыши (ячейка будет обведена оранжевой рамкой). Нажмите ОК, чтобы вставить данные. Не получилось с первого раза? Закройте форму и попробуйте ещё раз.

ипорт нагр	узок								-		2
Имя	Элемент	Позиция	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	🔺 Пор	ядок наг	P)
LE2	С	Начало	100,0	0,0	20,0	0,0	30,0	0,0	C - I	Начало	
	С	Конец	-60,0	0,0	-20,0	0,0	30,0	0,0	C - ł	(онец	
	B1	Конец	0,0	0,0	20,0	0,0	40,0	0,0	B1 -	Конец	
	B2	Конец	0,0	0,0	-60,0	0,0	100,0	0,0	— B2 -	Конец	
LE3	С	Начало	120,0	0,0	24,0	0,0	36,0	0,0		лг	-
	С	Конец	-72,0	0,0	-24,0	0,0	36,0	0,0		J L	+
	B1	Конец	0,0	0,0	24,0	0,0	48,0	0,0			
	B2	Конец	0,0	0,0	-72,0	0,0	120,0	0,0			
LE4	С	Начало	96,0	0,0	19,2	0,0	28,8	0,0			
	С	Конец	-57,6	0,0	-19,2	0,0	28,8	0,0			
	B1	Конец	0,0	0,0	19,2	0,0	38,4	0,0			
	B2	Конец	0,0	0,0	-57,6	0,0	96,0	0,0	▼		

Заменить существующие нагрузки

Рисунок 3-2. Результат импорта нагрузок

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Красота да и только. Все нагрузки были импортированы в проект. Теперь вы умеете экспортировать нагрузки из Excel. Однако, при передаче нагрузок не забывайте о <u>равновесии узла</u> (см. п. 3.3 [1]).

3.4 Копирование монтажных операций

Очень часто при работе с некоторыми узлами приходится создавать много однотипных монтажных операций. Чтобы сэкономить немного времени, их можно просто скопировать.



Рассмотрим один наглядный пример:

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

Сделаем похожие вуты и рёбра жёсткости на другой балке, «B2».

Для этого по очереди выделим нужные монтажные операции («WID1», «STIFF2», «WID2») и скопируем их, заменив только те свойства, которые отвечают за принадлежность к элементам.

Для копии операции «WID1»:

WID3	[Уширения]		Редактор •	Скопировать	Удалить
•	Уширения				
	На элементе	B2			- T k
	Относится к	EP1b		• 🗔	
	Материал	< по умолч >			• +
	Толщина [mm]	12,0			÷

Для копии операции «STIFF2»:

STIFF	3 [Рёбра жёсткости]		Редактор	Скопировать	Удалить
•	Рёбра жёсткости				
	На элементе 🧹	B2			▼ 📐
	Относится к	Не определён			- T
	Материал	< по умолч >			• +
	Толщина [mm]	0,0			÷
	Расположение	С двух сторон			•

Для копии операции «WID2»:

WID4	[Уширения]		Редактор 🔹	Скопировать	Удалить
•	Уширения				
	На элементе	B2			• k
	Относится к	EP1b		• 🗔	
	Материал 🦯	< по умолч >			• +
	Толщина [mm]	12,0			‡

В итоге через пару минут получим следующий узел:



Ну вот, с копированием монтажных операций тоже разобрались. Можно двигаться дальше.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

3.5 Настройки вида

Если ещё не успели заметить серую ленту в верхней части рабочей области, то сейчас самое время это сделать:



Здесь находятся инструменты управления видом (значки слева) и настройки отображения (правая часть серой полосы). Попробуйте переключиться между разными режимами отображения (объёмный, прозрачный, каркасный) и посмотрите, как будет меняться вид модели. Объёмный вид используется по умолчанию, прозрачный вид удобен при работе со сварными швами, а каркасный - при работе с загружениями и отображении эпюр изгибающих моментов по элементам.

Не забывайте пользоваться горячими клавишами: shift, ctrl и кнопки мыши в Вашем распоряжении:

- зажмите и удерживание колесо мыши двигайте мышью, чтобы перемещаться по модели.
- зажмите CTRL при нажатом колесе мыши двигайте мышью, чтобы вращать модель.
- зажмите SHIFT при нажатом колесе мыши двигайте мышью, чтобы менять масштаб модели.

Дополнительную информацию по управлению 3D видом можно найти в п. 2 [2].

На этом с интересными плюшками всё. Возможно, Вы найдёте что-нибудь интересное (или эдакое) в других пособиях [1], [2] или в записях наших вебинаров.

А теперь, когда Вы готовы к серьёзной работе, предлагаем выполнить пару уроков из следующего раздела, чтобы понять, как работать с различными монтажными операциями, и затем уже приступить к самому интересному – <u>BIM-связкам</u> с другими программами: <u>Tekla Structures</u>, <u>SAP2000</u>, <u>ETABS</u>, <u>Advance</u> Steel, Revit и др (для этого они должны быть установлены на Вашем компьютере). ВІМ это, конечно, хорошо, но через следующий раздел всё же лучше не перескакивать, чтобы не было лишних вопросов.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: idea@nipinfor.ru **IDEA StatiCa Russia**

Примеры расчёта стальных узлов в IDEA StatiCa Connection 4

Давненько не виделись! Надеемся, что следующие примеры помогут Вам научиться пользоваться встроенными шаблонами узлов, монтажными операциями, режимами расчёта и т.д. Советуем начать именно с первых двух примеров «Стык пластин на обычных болтах» и «Узел крепления пластины к колонне на сварке», а затем уже переходить к более сложным примерам – рамным и опорным узлам.

4.1 Стык пластин на обычных болтах

Добро пожаловать в первый урок! Здесь мы рассмотрим довольно простое соединение пластин на болтах и посмотрим, как выполняются проверки болтов в IDEA StatiCa.

4.1.1 Создание нового проекта

Запустим программу IDEA StatiCa и откроем модуль Connection



Есть вопрос?

Создадим новый проект – выберем наиболее подходящий шаблон для будущего узла, присвоим ему имя и выберем необходимые материалы:

- Имя «Стык пластин на болтах»
- Описание «Стык пластин на обычных болтах M20 8.8 В»

Примеры расчёта стальных узлов в IDEA StatiCa Connection

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>



- Марка стали С345 (по таблице В.3 СП 16.13330.2017)
- Болтовое соединение М20 8.8 В



Классы болтов, электроды и марку стали можно настроить, нажав на соответствующую кнопку напротив нужного параметра.



Обратите внимание на то, чтобы в проекте были выбраны российские нормы проектирования – **СП 16.13330.2017**. После ввода всех параметров нажмите на кнопку «Создать проект»

4.1.2 Настройка геометрии модели

Как мы могли заметить, IDEA StatiCa автоматически создала две балки. Давайте немного изменим их сечение, выбрав полосовой прокат.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Зададим следующие параметры сечения:

лас	стина		_
•	Пластина		
	Имя	Пластина 12, 240	
	Rotation [°]	0,0	
•	Геометрия		
	t [mm]	12	
	b [mm]	240	
•	Материал		
	Сталь	C345 🔹 🖍 🕂	Z
			240
			1
			7
			▲ [∠]

Нажмём ОК, а затем изменим сечение элемента В2 на только что созданное, зайдя в его свойства.

ОК Отмена

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





4.1.3 Нагрузки

При создании узла по шаблону автоматически было добавлено одно загружение (LE1). При необходимости можно всегда добавить новое загружение. А сейчас введём величины внутренних усилий в таблицу:

	Элемент	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
>	В1 / Конец	600,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0



4.1.4 Конструирование

Добавим накладку и болты, соединяющие пластины В1 и В2. Добавим новую монтажную операцию «Стык на накладках», щёлкнув на нужной иконке левой кнопкой мыши, и выберем болты М20 8.8 А, после чего нажмём «ОК».

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Настроим свойства созданной монтажной операции:



Отлично, можем приступать к расчёту!

4.1.5 Расчёт и проверка

Запустим КМКЭ расчёт, нажав на кнопку **Расчёт** на главной ленте. При этом автоматически создаётся расчётная модель узла и выполняется сам расчёт, по окончании которого в левой верхней части окна отобразятся результаты общей проверки – коэффициенты использования болтов, сварных швов и пластин (в зависимости от конструкции узла).

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Перейдём на вкладку ленты **Проверка** и активируем следующие режимы отображения результатов для детального анализа работы нашего узла:

- Пластическая деформация
- Сетка
- Деформированная схема

Раскроем таблицу **Болты** и проанализируем усилия. Обратим внимание на деформированную схему – вблизи отверстий возникают пластические деформации. В накладках они расположены с внешней стороны (от центра узла), а в пластинах – с внутренней, что полностью соответствует конструкции и приложенной нагрузке.

4.1.6 Анализ полученных результатов

Включим отображение усилий в болтах, нажав на соответствующую кнопку на группе ленты «**КМКЭ** расчёт»



Обратим внимание на столбец "**Ns**" – здесь выводятся усилия среза в болтах. Для каждого из болтов отображается два значения – по одному на каждую плоскость среза (через черту). Несложно заметить, что сумма усилий для первых четырёх болтов составит 73,70 + 73,83 + 76,24 + 76,24 + 73,70 + 73,84 + 76,24 + 76,25 = 600,04 кH, что полностью соответствует заданной нагрузке. Из условий равновесия остальные 4 болта также растягиваются продольной силой в 600 кH, и усилия в них также равны в среднем 75 кH по каждой плоскости среза.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Проверка болтов для наихудшего загружения

		Статус	Элемент	Нагрузки	Nt [kN]	Ns [kN]	Nbp [kN]	Utt [%]	Uts [%]	Utts [%]
>	+	0	B1	LE1	9,68	73,70/73,83	183,57	8,8	70,8	71,4
	+	0	B2	LE1	20,69	76,24/76,24	183,57	18,8	73,1	75,5
	+	0	B3	LE1	9,68	73,70/73,84	183,57	8,8	70,8	71,4
	+	0	B4	LE1	20,69	76,24/76,25	183,57	18,8	73,1	75,5
	+	0	B5	LE1	9,67	73,70/73,83	183,57	8,8	70,8	71,4
	+	0	B6	LE1	20,69	76,24/76,25	183,57	18,8	73,1	75,5
	+	0	B7	LE1	9,67	73,70/73,84	183,57	8,8	70,8	71,4
	+	0	B8	LE1	20,69	76,24/76,25	183,57	18,8	73,1	75,5



4.1.7 Отчёт

Ну и напоследок сгенерируем Отчёт по результатам расчёта. В IDEA StatiCa имеется множество функций для настройки его содержимого и экспорта в другие форматы для дальнейшего редактирования – (DOC, PDF). Отчёт представлен полностью на русском языке (в зависимости от выбранных языковых настроек). Здесь мы можем детально проанализировать все необходимые результаты – проверки болтов на срез, растяжение и смятие.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

Coludere pertendaria estimates	1_Стық пластиніdesCon Сонструкрование Проверка Отнёт Материалы		
Стык, пластин, на, болтах - EPS ST CD DR Добавить Скопировать Узлы проекта	Greens Recurry Doc PDF DXF Karanik B gary Repension BM Terguero Reck Belgammax Recount Docump prietra		-
	Данные проекта Стык_пластик_ма_болтах Низвание проекта Стык_пластик_ма_болтах Новое проекта Списание Автор Списание Описание Стык пластик на болтах M20 8.3 A Дята 1808/19 Нормы проектирования SP Материал Сталь Сталь С345	 Керотt Динии проекта Параграф Параграф Митералиц Улин проекта Стак, оластик, на, болтак Нестроби перектирования Торетические основан Информации о ПО 	
	Узел проекта Стык_пластин_на_болтах Проектирование Им Стык_пластин_на_болтах Описание Стык пластин на болтах X20.8.8 А Экчёт Напряжение, деформация упроцённое задание натрузок Балити колонны Балити колонны		
	Balline RAULPHRSI Hanpanense -β Hanpanense -β Hanpanense -α Hanpanense -α Hanpanense -α Hanpanense -α Hanpanense -α Hanpaneses Hanpanes H		
		Настройки узлов проекта Чертеки - модель Чертеки - модель Чертеки - результаты Ведмолся. материалов Формулы Цекта рисунков	

Включим отображение следующих параметров:

- Теоретические основы, •
- Формулы для экстремальных значений из таблицы •

затем обновим наш отчёт и экспортируем его в формат DOC.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Автор:										
Форма	Элемент	Класс	Нагрузки	Nt [kN]	N, [kN]	N _{bo} [kN]	Ut _t	Ut _e [%]	Ut _{ts} [%]	Статус
	B1	M20 8.8 A - 1	LE1	9,68	73,83	183,57	8,8	70,8	71,4	OK
	B2	M20 8.8 A - 1	LE1	20,69	76,24	183,57	18,8	73,1	75,5	ОК
4444	B3	M20 8.8 A - 1	LE1	9,68	73,84	183,57	8,8	70,8	71,4	OK
	84	M20 8.8 A - 1	LE1	20,69	76,25	183,57	18,8	73,1	75,5	OK
+++++	BS	M2088A-1	LE1	20.69	76.25	183,57	18.8	73.1	75.5	OK
	B7	M2088A-1	LE1	9.67	73.84	183.57	8.8	70.8	71.4	OK
	B8	M20 8.8 A - 1	LE1	20,69	76,25	183,57	18,8	73,1	75,5	OK
Класс M20 8.8 А - 1	[kN 109,	0] [N] 81 104,25								
N _{In} Расчётно Ut, Коэф-тис Ut, Коэф-тис Ut, Коэф-тис	ствующая по е усилие смя пользования пользования пользования	оперечных сил тия - СП 16, п. а при растяжени а при сдвиге а при совместно опри совместно опри совместно	VV, V2 в бол 14.2.9 ии ом действии	пте растяж	ения и	cpesa - C	П 16 -	п.14.2	.13	
N _{hn} Расчётно- Ut, Коэф-тис Ut, Коэф-тис Ut, Коэф-тис Ut, Коэф-тис Ut, Сопротив N _{hn} Сопротив N _{hn} Сопротив	ствующая по е усилие смя пользования пользования ление растях ление сдвигу нение сдвигу	эперечных сил 1 плия - СП 16, п. а при растяжени а при сдвиге а при совместно жению - СП 16, и - СП 16, п. 14. ы для В6	Vy, V2 в бол 14.2.9 4и ом действии п. 14.2.9 2.9	растяж	ения и	spesa - C	П 16 -	п.14.2	.13	
N _{hn} Расчётно Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис N _h , Сопротив N _h , Сопротив Тодробные р Троверка на с	ствующая по е усилие смя пользования пользования ление растяу ление сдвигу незультать настяжение	эперечных сил 1 тия - СП 16, п. а при дастяжени а при совместно жению - СП 16, и - СП 16, п. 14. - СП 16, п. 14. - СЛ 16 - СІ -	Vy, V2 в бол 14.2.9 ми п. 14.2.9 2.9 14.2.9	растяж	ания и	cpesa - C	П 16 -	п.14.2	.13	
Мыт Расиётно. Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Подробные р Проверка на р N _{bt} = R _{bt} · A _{bt}	иструющая по е усилие смя пользования пользования пользования ление растях ление сдвигу хезультать частяжение г · ?e = 11	оперечных сил ¹ птия - СП 16, п. при растяжены а при совместна кению - СП 16, г. 14. ы для В6 е (SP 16 - CL: D9,81 kN ≥	VV, V2 в бол 14.2.9 ии ом действий п. 14.2.9 2.9 14.2.9 N _t =	растяж 20,69	ения и kN	cpesa - C	П 16 -	п.14.2	.13	
М. Расчётно. Ш. Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Солротив. N ₂ Сопротив. Подробные р Лроверка на р N ₁₄ = R ₁₄ · A ₁₆ де:	иструющая по е усилие смя пользования пользования пользования ление растях ление сдвигу результать растяжение $r_{1} \cdot \gamma_{c} = 11$	оперечных скл 1 пия - СП 16, п. при едвиге при сдвиге при совместно кению - СП 16, т. 14. он для В6 е (SP 16 - СІ. 09,81 kN ≥	VV, V2 в бол 14.2.9 4и п. 14.2.9 2.9 14.2.9 2.9 14.2.9 N _t =	растяж 20,69	кенияи kN	среза - С	П 16 -	n.14.2	.13	
п. Расиблио М. Расиблио Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Na, Сопротив. Подробные р Проверка на р $N_{tt} = R_{tt} \cdot A_{ts}$ де: $R_{tt} = 44t$	иструющая по е усилие смя пользования пользования пользования ление растя ление растя ление сдвигу результать растяжение , · · · · · - 11 3,2 MPa – р	оперечных скл тикя - СП 16, п. а при растяжени при сдвиге при совместни жению - СП 16, п. 14. ы для B6 ∋ (SP 16 - CI. D9,81 kN ≥ расчётное сопр	VV. 2 в бол 14.2.9 ми п. 14.2.9 г. 14.2.9 2.9 14.2.9 N _t = 1 N _t = 1 0тивление р отивление р	растяже 20,69	кенияи kN	cpesa - C	П 16 -	п.14.2	.13	
 Полечётно: Ut, Козф-т ис Vit, Козф-т ис	е текнощая по е усилие смя пользования пользования пользования ление растя ление растя ление сдвигу результать растяжение 1 • ?e = 11 3.2 MPa – р 5 mm ² – 10	оперечных скл т тия - СП 16, п. а при растяжени при сдвиге при сдвиге н при совместни жению - СП 16, п. 14. ы для B6 е (SP 16 - CI. 09,81 kN ≥ расчётное сопр	Vy. 2 в бол 14.2.9 ми п. 14.2.9 2.9 14.2.9 2.9 14.2.9) N _t = тивление р отивление р отивление р отивление р	растяж 20,69 растяже	кения и kN нию	среза - С	П 16 -	n.14.2	.13	
п. Расиблио Washing Paceletino Ut, Козф-тис Ne, Сопротив. Подробные р Проверка на р N _{tit} = R _{tit} - A _{br} де: R _{tit} = 444 A _{bri} = 24	е текноцая по е усилие смя пользования ление растя ление растя жезультать жезультать жезультать астяжение 1 ° 7c = 11 3,2 MPa — р 5 mm ² — п	оперечных скл тия - СП 16, п. а при растяжены при сдвите при сдвите на при совместне жению - СП 16, л. 4. - СП 16, п. 14. -	VV. V ≥ в бол 14.2.9 им ом действий п. 14.2.9 2.9 14.2.9 N _t = 1 отивление р овой части (овой части (растяж 20,69 растяже Болта не	кения и kN нию этто	cpesa - C	П 16 -	n.14.2	.13	
п. Расиблио Wit Rosф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Ut, Козф-тис Сопротив. Порверка на р Nit = Rit · Ala Ala: 246 Ala: = 24 γ_c = 1.00	етеующая по е усилие ская пользования пользования ление растя» ление растя» ление сдвигу результать результать растяжение раста	оперечных скл тия - СП 16, п. а при растяжены при сдвите н при сдвите кению - СП 16, - СП 16, п. 14. - СП 1	VV. № в бол 14.2.9 ии п. 14.2.9 2.9 14.2.9 <i>N_t</i> = отивление ровой части (работы	растяж 20,69 растяже 5олта не	кения и kN нию этто	среза - С	П 16 -	п.14.2	.13	
 Поленетиона и полиции полиции и полиции и полиции и полиции и полиции и полиции	етеующая пе е усилие сая у усилие зая кользования пользования ление растя» ление сдвигу зезультать растяжение застя застя застяжение застя з	оперечных скл тиля - СП 16, п. при растяжен а при срастяжен а при совместн- кенкю - СП 16, п. 14. - СП 16, п	VV. 12 в бол 14.2.9 ии л. 14.2.9 2.9 14.2.9 $N_t = 100000000000000000000000000000000000$	растяж 20,69 растяже Болта не	кения и kN нию этто	cpesa - C	П 16 -	n.14.2	.13	
 N_m. Расибтно-	етеующая по е усилие сая v усилие сая v усилие сая v пользования ление растях ление растях ление растях результать растяжение $v, v_c = 11$ 3.2 MPa — р 5 mm ² — п 0 — к рез (SP 16 $\cdot \gamma_b \cdot \gamma_c =$	оперечных сил ¹ тига - СП 16, п п пои растяжена п пои совместника п пои совместника п пои совместника п пои совместника п пои совместника на пои совместника	 VV. V: 2 в бол 14.2.9 ии Эм действии п. 14.2.9 2.9 14.2.9 N_t = 14.2.9) N_t = Отивление р отивление р овой части б работы ≥ N_s = 	растяж 20,69 растяже 5олта не 76,25	кения и kN нию этто 5 kN	cpesa - C	П 16 -	n.14.2	.13	
 П. Расибтно- Искозът ис Козът ис Козът ис Козът ис Козът ис Искозът ис Козът ис Искозът ис Козът ис Козът	стеующая по чуслие саму чуслие саму пользования по по по по по по по по по по по по по	оперечных сил типе - СП 16, п. п при разтяжени п при саряте н при сооместни енино - СП 16, п. 14. н для В6 2 (SP 16 - СL: 09,81 kN ≥ 2 (SP 16 - CL: 09,81 kN ≥ 2 (SP 16 - CL: 09,81 kN ≥ 2 (SP 16 - CL: 09,81 kN ≥ 10,25 kN	 W. Uz в бол 14.2.9 ии ми действии п. 14.2.9 2.9 14.2.9 N_t = тивление р отивление р овой части б работы ≥ N_s = 	растяж 20,69 растяже 50лта не 76,25	кенияи kN нию эттэ 5 kN	cpesa - C	П 16 -	n.14.2	.13	
N_{sc} Расибетио U_{t} Козф-т ис U_{t} Козф-т ис U_{t} Козф-т ис U_{t} Козф-т ис N_{sc} Сопротив Подробные р $N_{te} = R_{te} \cdot A_{te}$ $R_{te} = 444$ $A_{ten} = 24$ $\gamma_{e} = 1.00$ Проверка на с $N_{te} = R_{te} \cdot A_{te}$ $Q_{e} = 1.00$ $N_{te} = R_{te} \cdot A_{te}$ $R_{te} = 333$	етеующая по етеующая по чуслие сах нопользования попьзования попьзования попьзования попьзования попьзования не разультать разультать $\gamma_{2} = 11$ $\beta_{2} MPa - р \delta_{3} MPa - \rho\delta_{5} ma^{2} - n0 - \kappaрез (SP 16\gamma_{3} \cdot \gamma_{c} = 22.0 MPa - р$	оперечных сил 1 пар. Пар. Пар. при сраткиен при сраткиен при созместно- собластикиенио- собластикие	 W. Ve в бол 14.2.9 ии Ом действий п. 14.2.9 2.9 14.2.9 N_t = 14.2.9 N_t = Отивление р работы ≥ N_s = Отивление с отивление с 	растяж 20,69 растяже 76,2:	и киня и kn hndo stto 5 kn	cpesa - C	П 16 -	n.14.2	.13	
N_{sc} Расибетно- UL Козф-т ис UL Козф-т ис Порверка на р $N_{te} = R_{te} \cdot A_{be}$ Де: $R_{te} = 444$ $\gamma_{c} = 1,00$ Проверка на с $N_{be} = R_{be} \cdot A_{b}$ Де: $R_{be} = 333$ $A_{be} = 344$	creyoutgas n.e. e venne сам v услие сам v услие сам v услие сам r услие сам r и и и и и и и и и и и и и и и и и и и	оперенных сил 1 пересника сил 1, по и растажени п по и саратажени п по и саратажени п по и сомметни на по	 W. Le в бол 14.2.9 ии Ми действий п. 14.2.9 14.2.9 14.2.9 14.2.9 N_t = 1 14.2.9 N_t = 1 14.2.9 14.2.9	растяж 20,69 растяже 76,2: срезу болта fi	кения и kN нию 5 kN dvtto	cpesa - C	П 16 -	n.14.2	.13	
 N., Расибтно: Козф-тис Ис Козф-тис Козф-тис Ис Козф-тис Ис Козф-тис Ис Козф-тис Ис Сопротив Пороверка на р <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i> <i>№</i>	е турноццая пе е укливе сыя е чукливе сыя е истовъзования пользования пользования пользования пользования пользования пользования нение растям растяжение 1 3.2 MPa − р 5 mm ² − п 0 − к :pes (SP 16 · ?ъ · ?∈ = 2.0 MPa − р mm ² − г	оперечных сил 1 пара с 11 (а. п. при с двяте а при с двята, при с двяте а при с обместна е на при с обместна е цара в 1 при с двяте е цара в 1 при с 1 при с 1 при е цара в 1 при е	 W. V: в бол 14.2:9 ии Ом действий п. 14.2:9 2.9 14.2.9) N_t = 100000000000000000000000000000000000	растяж 20,69 жастяже 76,2: срезу болта 6	кения и kN нико 5 kN рутто	ccpesa - C	П 16 -	n.14.2	.13	
$\label{eq:constraints} \begin{array}{llllllllllllllllllllllllllllllllllll$	стеующая по стеующая по чуклие саме пользования пользования пользования пользования пользования ление растях нение растях нение сдвигу нение сдвигу нение сдви сдви сдви сдви сдвигу нение сдви сдви сдви сдви сдв	оперенных сил 1 пере-опере- -опере	 W. Le в бол 14.2.9 ми действий п. 14.2.9 2.9 14.2.9) N_t = 14.2.9) N_t = 14.2.9) N_t = 14.2.9 14.2.9	растяж 20,69 застяже 76,2 срезу болта б тгового	кения и kW нию 5 kN рутто соедине	среза - С	П 16 -	n.14.2	.13	



٦

Прое	er No-	BIK_TUTACTIVH	ha_oomax		
A	KI N≌.				The second se
ABIO	p.				
где.	R 764 9 MPa	Dacietuca		OHOUTOP	
	$d_{i} = 20 \text{ mm}$	- pacternos	сопротявление смятию соединиемых эл	CMCHIOD	
	t - 12 mm	– диаметр ос			
	t = 12 mm	– суммарная	толщина пластин, сминаемых в одном и	аправле	знии
	$\gamma_b = 1,000$	– коэф-т усло	расты солтового соединения		
	- <i>y_c</i> = 1,000	– коэф-т усло	звии рассты		
прове	ерка на совмест	ное действи	е растяжения и сдвига (SP 16 - Cl	.14.2.13	3)
$\sqrt{6}$	$\left(\frac{N_{c}}{N_{c}}\right)^{2} + \left(\frac{N_{c}}{N_{c}}\right)^{2} =$	0,76 ≤ 1,	D		
гл <u>о</u> .					
чдо.	$N_t = 20.69 \text{ kN}$	– усилие раст	пяжения в болте		
	$N_{bt} = 109.81 \text{ kN}$	 – Расчётное у 	исилие растяжения		
		- усилие в ол	ной плоскости среза		
	$N_r = 76.25 \text{ kN}$				
	$N_s=$ 76,25 kN $N_{bs}=$ 104,25 kN	 – Расчётное у 	усилие среза		
Усто Расчі	$N_s = 76,25$ kN $N_{bs} = 104,25$ kN ЙЧИВОСТЬ ЁТ На УСТОЙЧИВ	– Расчётное у ость не выг	силие среза толнялся.		
Усто Расчі На	$N_{s} = 76,25$ kN $N_{bs} = 104,25$ kN йчивость ёт на устойчив СТРОЙКИ	- Расчётное у ость не выг НОРМ	силие среза толнялся. Проектирования		
Усто Расчі На	<i>№</i> , = 76,25 кN <i>№</i> _{bs} = 104,25 кN йчивость ёт на устойчив СТРОЙКИ Элемент	– Расчётное у ость не выг НОРМ	силие среза толнялся. Проектирования Значение	Ед. изм.	Ссылка
Усто Расчі На	N _x = 76,25 kN N _{bs} = 104,25 kN ЙЧИВОСТЬ ВТ на устойчив СТРОЙКИ Злемент чавливать на предириации	- Расчётное у ость не выг НОРМ	силие среза толнялся. Проектирования Значение Нет	Ед. изм.	Ссылка
Усто Расчі На Остан Дефо	N _x = 76,25 кN N _{bx} = 104,25 kN йчивость ёт на устойчив СТРОЙКИ Элемент чарлидии гр. треб-ия	- Расчётное у ость не выг НОРМ	силие среза полнялся. Проектирования Значение Нет Нет	Ед. изм.	Ссылка SP16 - CI.14.1.7, Table 33.40
Усто Расчи На Остан дефо Конст	N _e = 76,25 кN N _{be} = 104,25 kN йчивость ёт на устойчив СТРОЙКИ Элемент напряжённые болт фицент утення р	- Расчётное у ость не выг НОРМ ельной	силие среза полнялся. Проектирования Значение Нет Нет 0,350	Ед. изм.	Ссылка SP16 - СІ.14.1.7, тале 33,40 SP16 - Table 42
Усто Расчи На Остан дефо Конст Пред козф	Л _и = 76,25 kN Л _и = 104,25 kN ЙЧИВОСТЬ ЙЧИВОСТЬ ЙТНА СТОЙЧИВ СТРОЙКИ Опемент навливать на предумации риации напряжённые болт фициент трения µ напряжённые болт фициент трения µ	- Расчётное у ость не выг НОРМ ельной	силие среза полнялся. Проектирования Значение Нет Цет 0,350 Dynamic	Ед. изм.	Ссылка SP16 - Cl.14.1.7, Table 38.4 SP16 - Table 42 SP16 - Table 42
Усто Расчі На Остан дефо Конст Преді козфи Тип к	Л _и = 76,25 kN Л _и = 104,25 kN ЙЧИВОСТЬ ЁТ на устойчив СТРОЙКИ Олемент навливать на преди риации (р. треб-ия напряжёные болт фициент трения µ онтроля натяжение варки	– Расчётное у ость не выг НОРМ ельной ы –	силие среза полнялся. Проектирования Значение Нет Нет 0,350 Dynamic Автоматическая и механизированная (d=1.4-2m)	Ед. изм.	Ссылка SP16 - CI.14.1.7, Table 33.40 SP16 - Table 42 SP16 - Table 42 SP16 - Table 39
Усто Расчі На Остан Аффо Конст Преді жозф Тип к Тип к Дпина жёстк	Л _и = 76,25 км Л _и = 104,25 км йчивость ёт на устойчив СТРОЙКИ Опемент навливать на преде риации пр. треб-ия напряжённые болт фициент трения µ онтроля натяжения варки в а внера для вычии соти [6]	— Расчётное у ость не выг НОРМ ельной ы -	силие среза полнялся. Проектирования Вет Нет 0,350 Dynamic Автоматическая и механизированная (4=1.4-2mm) 8	Ед. изм. -	Ссылка SP16 - СІ.14.1.7, Table 33,40 SP16 - Table 42 SP16 - Table 42 SP16 - Table 42 SP16 - Table 39 EN 1933-1.8 - Table 6.11
Усто Расчі На Остан дефо Конст Пред Тип к Тип с Длина жёсти Козф	Л _x = 76,25 kN N _{bs} = 104,25 kN ЙЧИВОСТЬ ЁТ на устойчив СТРОЙКИ ОПИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИТАТИВИИ ПОПИТАТИВИТАТИВИТАТИВИ СОЛТ рикцент трения µ онтроля натяжения болт фициент трения µ онтроля натяжения болт фициент трения µ онтроля развори а анкора для въюты, условений работы,	 – Расчётное у – Расчётное у ность не выг норм норм<td>силие среза толнялся. Проектирования Нет Нет Цет 4агоматическая и механизированная (d=1.4-2mm) 8 1.000</td><td>Ед. изм. - -</td><td>Ссылка 5916 - СІ.14.1.7, Таble 38,40 SP16 - Table 42 SP16 - Table 42 SP16 - Table 39 EN 1933-1.8 - Table 6.11 SP16 - Table 31 SP16 - Table 31 SP16 - Table 31 SP16 - Table 31 SP16 - Table 32 SP16 - Table 32 SP16 - Table 32 SP16 - Table 32 SP16 - SP16 -</td>	силие среза толнялся. Проектирования Нет Нет Цет 4агоматическая и механизированная (d=1.4-2mm) 8 1.000	Ед. изм. - -	Ссылка 5916 - СІ.14.1.7, Таble 38,40 SP16 - Table 42 SP16 - Table 42 SP16 - Table 39 EN 1933-1.8 - Table 6.11 SP16 - Table 31 SP16 - Table 31 SP16 - Table 31 SP16 - Table 31 SP16 - Table 32 SP16 - Table 32 SP16 - Table 32 SP16 - Table 32 SP16 - SP16 -
Усто Расчі На Остан Коэф Тип к Тип к Лреду Проед Проед	Л _x = 76,25 kN Л _{bs} = 104,25 kN ЙЧИВОСТЬ ЁТ на устойчив СТРОЙКИ Олемент навликать на преду риации (р. треб-ия) напряжённые болт фициент треняа µ онтроля натяжения с и чаложай работы, условий условий работы, условий раб	 – Расчётное у – Расчётное у оость не выг норм норм вльной ы - а болтов сления ус. у	силие среза IDЛНЯЛСЯ. ПРОЕКТИРОВАНИЯ Ватоматическая и механизированная (d=1.4-2mm) 8 1,000 0,050 Да	Ед. изм. - - -	Ссылка SP16 - Cl 14 1.7, Table 38,40 SP16 - Table 42 SP16 - Table 42 SP16 - Table 39 EN 1933-13 - Table 11 SP16 - Table 1 EN 1933-1-5 - Cl C.

В созданном отчёте отображаются результаты проверки самого нагруженного болта В6 – на растяжение, срез и смятие.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Таким образом, всего за несколько минут мы смоделировали и рассчитали стык пластин на обычных болтах, а также вывели подробный отчёт с результатами проверок компонентов по СП 16.13330.2017 и ссылками на используемые формулы. Это был первый узел, который Вы посчитали в IDEA StatiCa? Наши поздравления ©

Ключевые слова: стык пластин на болтах, болты, отчёт, проверка на срез, СП 16.13330.2017, проверка на смятие.

4.2 Узел крепления связевых подкосов к прогону

В этом примере рассмотрим болтовое соединение раскосов с прогоном через фасонку. Весьма простой узел, но от этого не менее показательный. В этом примере мы познакомимся с редактором пластин и с таким режимом расчёта, как Design Resistance, который позволяет определить резервы несущей способности узла. И в качестве приятного дополнения – сравним полученные результаты с ручным расчётом. Поехали.

4.2.1 Создание нового проекта

Запустим программу IDEA StatiCa и откроем модуль Connection
Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia

К НИП-ИНФОРМАТИКА



Есть вопрос?

<u>Оставайтесь с нами</u> in f

Создадим новый проект – выберем наиболее подходящий шаблон для будущего узла, присвоим ему имя и выберем необходимые материалы:

- Имя «Узел_связей_на_болтах»
- Описание «Узел крепления связей к прогону М16 5.6 В»
- Марка стали С345 (по таблице В.3 СП 16.13330.2017)
- Болтовое соединение М16 5.6 В

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

Colculate yesterday's estimate	a" CONNECTION "		untitled	
< Добавить	Новый проект 1. Выберите Класс Двумерный или трёхмерный узел? С анкеровкой:	2. Выберите Топологию На какой из предложенных вариантов похож ваш уз	З. Выберите Исполнение выберите нужное исполнение.	4. Выберите Параметры
Открыть Сохранить как Информация О программе Еф. изм. Настройкл Элеренть Выход			Image: Second	Image: Construction of the state
				Создать проект Отмена
Полезные ресурсы	Новости			
Обучающие файлы FAQ Готовые проекты Конкретные примеры Вебинары	230:2029 Automatic positioning of plates for steel joints There are several ways how to define the position of the plate for steel joints in ID63 statics Conrection. The question is, which is the best one? See how to speed up your modeling process thanks to the automated positioning function.	2407.2019 22.07.2019 DEA Static running for a good cause Winy and how 35°C, hot as helj, almost 7/m track and great performance of all unners. These were the attributes of Thursky Sir R.N.10.2019, which crucial tasks UDBA StaticCa simply couldn't miss. Not only we ovepowered all attendered in the dattril (10 Junner, 11 willies R.3.1.003) but IDBA StaticCa was visible on the final ranking also. []	to input internal forces into a concrete Are oppo of both internal and external forces (load imputes) is a encutting out detail from a global model of a concrete products o Ar you are steel desig	stratilities opening for DIGA SMIGA is Runal. Son as those of the point interest for DIGA SMIGA. There multiple activities numling on In Mar Bos SMIGA. There in this competitive market. Rusans code SS-10 Rumpented addy might rotate in one of our latest loop posts, the Russian node SS-16 An based International Competitional Competition and Compet

Классы болтов, электроды и марку стали можно настроить, нажав на соответствующую кнопку напротив нужного параметра.

Имя	Узел_связей_на_болтах
Описание	Узел крепления связей к прогону М16 5.6 В
Марка стали	C345 Ŏ
Болтовое соединение	M16 5.6 B
Материал сварки	Э50 C
Класс бетона	B25 Č
Нормы проектирования	

Обратите внимание на то, чтобы в проекте были выбраны российские нормы проектирования – СП 16.13330.2017. После ввода всех параметров нажмите на кнопку «Создать проект»

4.2.2 Настройка геометрии модели

Как мы могли заметить, IDEA StatiCa автоматически создала балку двутаврового сечения и две квадратные трубы. Помимо элементов были добавлены фасонки и крепления на болтах и сварке. Изменим сечения элементов.

Начнём с двутавра – выберем из списка двутавр 20Ш0 и дважды нажмём ОК (см. рисунок ниже).

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>



ОК Отмена



Далее аналогичным образом изменим сечения связевых подкосов на трубу **100х4**. Начнём с элемента **«D1»**:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Обратите внимание на разницу между добавлением сечения 🖬 и изменением сечения 🗹 : в первом случае сечение элемента будет изменено на новое, но исходное сечение останется в базе данных; во втором случае исходное сечение будет удалено из базы данных и заменено на выбранное.

Выделим элемент «D2» и изменим его сечение с помощью выпадающего списка:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia

К НИП-ИНФОРМАТИКА



	Зеркально Ү		
	Зеркально Z		
	Геометрический тип	Конечный	•
•	Позиция		
	Направление - β [°]	180,0	
	Наклон - ү [°]	-45,0	
	Вращение - α [°]	0,0	
	Смещение - ex [mm]	0	
	Смещение - еу [mm]	0	
	Смещение - ez [mm]	0	
•	Модель		
	Расчётная модель	N-Vy-Vz	•
	Приложение сил	Узел	•

Один из элементов узла рассматривается как 'опорный'. Остальные являются 'присоединяемыми'.

С топологией готово, теперь можно задать нагрузки.

4.2.3 Нагрузки

При создании узла по шаблону автоматически было добавлено одно загружение (LE1). При необходимости можно всегда добавить новое, нажав на соответствующую кнопку. В этом примере произведём расчёт в режиме DR для определения предельного растягивающего усилия в каждом раскосе.

В левой верхней части окна сменим режим расчёта на **«DR»** (он же **D**esign **R**esistance, как Вы уже догадались):

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

К НИП-ИНФОРМАТИКА



Перейдём к загружениям и укажем в таблице только продольную силу в 50кН для каждого подкоса:



После этого можем переходить к конструированию нашего узла.

4.2.4 Конструирование

Как Вы могли заметить, фасонка и болты пока что расположены некорректно. Чтобы исправить это, выделим фасонку левой кнопкой мыши - она подсветится оранжевым, и зайдём в свойства монтажной операции **«SP1**»:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia





Выставим следующие параметры:

SP1	[Пластина усиления]	1	Редактор	Скопировать	Удалить
•	Пластина усиле	ния			
	Материал	C345			• +
	Толщина [mm]	12,0			÷
	Форма	Прямоугольник			•
	В1 - ширина [mm] 240				
	B2 - ширина [mm]	240			
	H1 - высота [mm]	150			
	H2 - высота [mm]	0			
	Начало ЛСК	Элемент			•
	Элемент	СН			- k
	Пластина	Нижняя полка 1			•
	Тип	Ребро			•
	Расположение	Спереди			•
	X - позиция [mm]	0			
	Поворот [°]	90,0	>		
	Наклон [°]	0,0			
•	Сварные швы				
	Сварной шов [mm]	8,0 🛟 Э50		• I I <mark>I</mark>	l l

После ненадолго заглянем в **Редактор** пластины усиления (в верхней части окна свойств элемента) и изменим размер фаски с 50 мм на 60 мм. После жмём на кнопку «**Применить**», затем – на «**OK**», чтобы выйти из редактора. Да, кстати, в редакторе также можно задавать различные скосы, вырезы и отверстия. Попрактикуйтесь на досуге, лишним точно не будет.

Телефон:(812) 321-00-55 IDEA StatiCa Russia

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

Редактор пластин	
Отменить Повторить Смещение Закругление Фаска Скос Дута Отверстие Вырез	Болт
Данные Операции Д	обавить
גא 2D Drawing	Фаска (60) Скопировать Удалить
Сораци Фаса (б) 4 Доса (б) 2	 Свойства Все углы Значение [mm] Вобранные углы 2 3
	ОК Применить Отмена

Далее изменим параметры болтовых соединений. Поочередно изменим свойства монтажных операций «CPL1» и «CPL2»:

•	Соединительная пластина		
	Элемент	D1	- k
	Крепится к	Существующая пластина	•
	Пластина	SP1	▼ k
•	Соединение		
	Х - позиция [mm]	305	
	Материал	< по умолч >	▼ +
	Толщина [mm]	6,0	¢
	Выравнивание	Спереди	•
	Тип	Накладка 2х	•
	Длина пластины [mm]	110	
	Ширина пластины [mm]	0	
	Эксцентриситет пластины [mm]	0	
	Толщина накладки [mm]	10,0	¢
	Смещения накладки (Лев Прав Низ Верх) [mm]	10	
	Форма накладки	Прямоугольник	•
	Тип соединения	Болтовое	•
•	Сварные швы		
	Накладка [mm]	6,0 🗘 Э50	· 📕 🕹 🛧 🖵 🖵
	Планка [mm]	6,0 🗘 350	🔹 🛃 🚹 🥂 🕹 🕹
•	Болты		
	Тип	M16 5.6 B	• +
	Опорная линия	Ось Х элемента	•
	Ряды [mm]	0	
	Позиции [mm]	50	
	Сетка	Постоянная	•
	Плоскость среза по резьбе		
	Восприятие сдвига	Смятие - совместное действие растяжения/сдвига	•

Теперь, когда конструкция узла готова, можно переходить к расчёту. А перед этим ещё разок проверьте параметры узла – классы болтов, толщины пластин, сечения и т.д. Иначе результаты расчёта будут малость отличаться от представленных.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>



4.2.5 Расчёт несущей способности узла

Запустим КМКЭ расчёт, нажав на кнопку **Расчёт** на главной ленте. При этом автоматически создаётся расчётная модель узла и выполняется сам расчёт, по окончании которого в левой верхней части окна отображаются результаты общей проверки – коэффициенты использования болтов, сварных швов и пластин.

Нас же сейчас интересуют не коэффициенты использования отдельных элементов, а резерв несущей способности узла. После выполнения расчёта перейдём на влкладку «**Проверка**», а затем в правой части окна – к таблице **Несущая способность узла**



Параметр **Коэффициент** [%] показывает в процентах множитель к заданным нагрузкам, соответствующим предельному состоянию узла. Согласно расчёту предельная нагрузка на каждый подкос составит:

$$N_u = N \cdot K [\%] = 50 \ \kappa H \cdot \frac{167,4 \ \%}{100 \ \%} = 83,7 \ \kappa H$$

Выполним проверку полученного значения. Скопируем узел и изменим режим расчёта нового узла на **«EPS»** для выполнения упругопластического расчёта.



Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

4.2.6 Упругопластический расчёт

Перейдём к загружениям и изменим продольную силу с 50 кН на 83,7 кН:



Отправим узел на расчёт, перейдя на вкладку «Проверка». Это может занять пару минут. Затем проанализируем полученные результаты:



Согласно расчёту коэффициент использования болтов составил 100,1% - они выходят из строя в первую очередь. Раскрыв таблицу «Болты» и нажав на кнопку «+» напротив любого болта, можно увидеть формулы, по которым выполняется проверка (в соответствии с выбранными нормами проектирования). Давайте проверим результаты ручным расчётом.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



4.2.7 Сравнение результатов с ручным расчётом

Исходные данные – сталь С345 по таблице В.3 СП 16.13330.2017, одноболтовые соединения класса 5.6 В. Вычислим расчётные сопротивления одноболтовых соединений согласно СП 16.13330.2017:

•
$$N_{bs} = R_{bs} \cdot A_b \cdot n_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c = 0.42 \cdot 500 \cdot 201 \cdot 2 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 10^{-3} = 84.4 \text{ kH}$$

•
$$N_{bp} = R_{bp} \cdot d_b \cdot \sum t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c = 1,35 \cdot \frac{470}{1,025} \cdot 16 \cdot 12 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} = 118,85 \text{ kH}$$

Определим предельное растягивающее усилие в подкосе, вызывающее срез в болтах:

•
$$N_{max} = \min(N_{bs}, N_{bp}) = 84, 42 \text{ KH}$$

Полученное значение полностью (с точностью до 1 %) соответствует значению, вычисленному в IDEA StatiCa. Но это ещё не всё. Здесь стоит обратить внимание на некоторые интересные моменты.

Вычисление срезающих усилий и прочность при смятии

Обратите внимание на то, что расчётное сопротивление болтов на срез отображается для одной поверхности трения, поэтому в данном случае эта величина составит:

$$N_{bs} = 2 \cdot 42, 2 = 84, 42$$
 кН

Проверка болтов для наихудшего загружения

		Статус	Элемент	Нагрузки	Nt [kN]	Ns [kN]	Nbp [kN]	Utt [%]	Uts [%]	Utts [%]	
	-	8	B1	LE1	4,7	41,8/41,8	118,9	13,4	99,1	100,1	
	Проверка на срез (SP 16 - Cl.14.2.9)										
	N_{i}	$b_{s} = R_{bs}$	$_{s}\cdot A_{b}\cdot \gamma _{b}\cdot$	$\gamma_c = 42,$	2 kN ≊	$N_s =$	41,8 k	N			_
	где	:									
ĺ ĺ		R_{bs}	= 210,00 N	1Ра – расч	ётное со	противлен	ие срезу				
		A_b =	= 201 mm ²	— плоц	цадь сече	ения стер>	кня болта	а брутто			
	$\gamma_b=$ 1,00 — коэф-т условий работы болтового соединения										
	4	$\gamma_c =$	= 1,00	– коэф	>-т услові	ий работы				Þ	•
	+	8	B2	LE1	4,7	41,8/41,8	118,9	13,4	99,1	100,1	

Значения, которые приводятся в столбце «Ns», соответствуют сдвигу, возникающему в каждой плоскости среза (в данном случае два значения, так как плоскостей среза тоже две). Суммарная поперечная сила для каждого из болтов, как нетрудно заметить, равна 41,8 + 41,8 = 83,6 кН, что соответствует заданной нагрузке.

Расчётное сопротивление смятию определяется отдельно для каждой пластины. Более подробно узнать об этом можно в разделе Вопросы и ответы.

Если чуть внимательнее присмотреться к таблице результатов, можно заметить, что растягивающие усилия в болтах не равны нулю. Несмотря на то, что на соединение действует только срезающая сила (продольное усилие в раскосе), болты испытывают небольшие растягивающие усилия ввиду того, что в расчёте учитывается жёсткость пластин, стянутых болтами.

4.2.8 Отчёт

Ну и напоследок сгенерируем **Отчёт** по результатам расчёта и сохраним его в PDF формате.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Как видите, нам понадобилось всего несколько минут, чтобы смоделировать, рассчитать и проверить наш узел в соответствии с СП 16.13330.2017. Да, он был простой, но зато теперь Вы понимаете, как работает режим расчёта Design Resistance.

Ключевые слова: крепление связевых подкосов к балке, болты, отчёт, проверка на срез, СП 16.13330.2017, проверка на смятие, резерв несущей способности, Design Resistance, ручной расчёт.

4.3 Стык пластин на сварке

Следующий пример, возможно, будет самым простым и коротким, но весьма полезным. Сейчас посмотрим, как выполняется проверка сварных швов в IDEA StatiCa в соответствии с СП 16.13330.2017.

4.3.1 Создание нового проекта

Откроем модуль Connection со стартовой страницы:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia

К НИП-ИНФОРМАТИКА



Есть вопрос?

Оставайтесь с нами in 📑 🕟

Создадим новый проект – выберем наиболее подходящий шаблон для будущего узла, присвоим ему имя и выберем необходимые материалы:

- Имя «Стык пластин на сварке» (или любое другое, какое Вам нравится)
- Описание «Э42, С390» (так будет понятнее)
- Марка стали С390
- Болтовое соединение можно не трогать
- Материал сварки Э42

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

//=/=/=/StatiCa Calculate yestenday's antimates	* CONNECTION	U	ntitled	- I ×
Солоная рислоду в айлосая Солоная рислоду в айлосая Сохранить Сохранить Сохранить Сохранить вак Информация О программе Ед. ним Настройки Лицензии Закранть Вакоод	Соиместол	2.5.5.66.рите Топологию На какой на предложенных вариянтов похох ваш узел?	Attrd	A Busepure Hapamerpu Maya cram Maya cram
				Создать проект

Обратите внимание на то, чтобы в проекте были выбраны российские нормы проектирования – СП 16.13330.2017

После ввода всех параметров жмите на большую оранжевую кнопку «Создать проект»

4.3.2 Настройка геометрии модели

Как мы могли заметить, IDEA StatiCa автоматически создала две балки. Давайте немного изменим их сечение, выбрав полосовой прокат.



Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

Зададим следующие параметры сечения:



Нажмём ОК, а затем изменим сечение элемента В2 на только что созданное, зайдя в его свойства.



Дальше немного подвинем наши пластины, чтобы можно было соединить их нахлёсточным швом – зададим смещения элемента «B1»: **ex = -50 мм, ez = -12 мм** и поменяем расчётную модель обоих элементов на N-Vy-Vz (более подробно об этом можно узнать разделе <u>Вопросы и ответы</u>).



Отлично, переходим к нагрузкам.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

4.3.3 Нагрузки

Воспользуемся уже знакомым нам режимом Design Resistance.



Узлы проекта

Перейдём к загружениям и укажем в таблице только продольную силу в 100кН:

	Элемент	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
>	В1 / Конец	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

После этого можем переходить к конструированию нашего узла.

4.3.4 Конструирование

Тут-то, собственно, и конструирования совсем немножко. Добавим новую монтажную операцию «Сварные швы»



Настроим свойства монтажной операции, переключившись на прозрачный вид и включив отображение меток пластин:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>







Далее скопируем монтажную операцию и поменяем местами «В1» и «В2» в свойствах операции:



Перейдём обратно на объёмный вид и посмотрим, что получилось:



Наше нахлёсточное соединение готово, можем переходить к расчёту.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

К НИП-ИНФОРМАТИКА

4.3.5 Расчёт узла в режиме Design Resistance

Запускаем расчёт в режиме Design Resistance и по завершению переходим на вкладку **Проверка** к таблице «Несущая способность узла»:



Несущая способность узла, LE1



Рисунок 4-1. График несущей способности соединения

Согласно расчёту, предельное растягивающее усилие составляет **170,1 кН**. Запомним это значение. Оно нам ещё понадобится.

4.3.6 Расчёт узла в режиме Elasto-Plastic

Пересчитаем задачу в режиме EPS на полученную нагрузку, добавив новое загружение (первое загружение лучше отключить):



	Элемент	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
>	В1 / Конец	170,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Значения в неактивных ячейках не учитываются в КМКЭ расчёте. Элементы могут быть загружены только теми усилиями, которые допускает свойство элемента "Тип расчётной модели".

После выполнения расчёта перейдём к проверке:

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Проверка сварных швов по наихудшему загружению (Пластическое распределение)

		Статус	Элемент	Электрод	k,f [mm]	L [mm]	l,we [mm]	Нагрузки	N [kN]	Utwm [%]	Utbn [%]	n
	-	0	B2-bfl 1	Э42	⊿ 6,0	99,50	8,95	LE2	8,6	99,0	68,1	
>	Проверка прочности сварных швов (SP16-Cl.14.1) $\frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot l_{we} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_e} = 0.99 \le 1.0$ где:											
		N =	= 8,6 kN	— условно	е сдвиган	ощее уси	лие в эле	ементе свар	КИ			
		$\beta_f =$	= 0,90	– коэф-т п	ю металл	іу шва						
	$k_f=$ 6,00 mm $-$ катет сварного шва .										÷	
											►	
	+	0	B1-bfl 1	Э42	⊿ 6,0	99,50	8,95	LE2	8,6	99,0	68,1	

Как мы видим, коэффициенты использования сварных швов действительно достигают предельных значений (99~100%).

Проверка сварных швов осуществляется следующим образом:

- Сварной шов разбивается на несколько конечных элементов по длине
- В процессе расчёта в каждом элементе определяются напряжения (три составляющих, см. раз-• дел 2.4.2 [1])
- По напряжениям вычисляется условное сдвигающее усилие **N** в каждом элементе сварки
- Каждый элемент проверяется по формулам 176 и 177 из СП 16.13330.2017, п. 14.1.16 по двум сечениям – металлу шва и металлу границы сплавления.

Обратите внимание на то, что для каждого сварного шва в таблице указывается проверка именно самого напряжённого конечного элемента. Ещё не стоит забывать, что в IDEA StatiCa используются упругопластические элементы для сварки. Советуем посмотреть вторую часть этого вебинара, чтобы более подробно ознакомиться с этим вопросом:

https://youtu.be/U6pWZ2edHrg?list=PLVYWNZgsJuwHB7G0WGo9JZdxnPSMnhmN1&t=1876

А сейчас сравним результаты с ручным расчётом. Посмотрим, как будут согласоваться предельное усилие из IDEA StatiCa с вычисленным вручную.

4.3.7 Сравнение результатов с ручным расчётом

Исходные данные:

Длина шва – 200мм (расчётная длина будет составлять 180 мм – за вычетом 1 см на каждом непрерывном участке), катет шва – 6 мм, коэффициент проплавления – 0,9 (для автоматической и механизированной сварки), электроды – Э42 (*Rwf* = 180 МПа).

Тогда согласно формуле 176 получим следующее предельное значение по металлу шва:

$$N = R_{wf} \cdot \gamma_c \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w = 180 \frac{\text{H}}{\text{mm}^2} \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 6,0 \text{ mm} \cdot 180 \text{ mm} = 174\,960 \text{ H} = 174,96 \text{ kH}$$

Как видим, разница с IDEA StatiCa несущественная (менее 3%, причём в запас).

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

Оставайтесь с нами in

Надеемся, что со сваркой теперь всё стало намного понятнее.

4.4 Балочный стык на высокопрочных болтах

В этом примере мы рассмотрим простой узел стыка двух балок на высокопрочных болтах. В нём мы познакомимся с особенностями задания преднапряжённых болтов в IDEA StatiCa и их проверки. Возможно, пример покажется Вам слишком простым, но не расстраивайтесь. На простых примерах всегда понятнее. Разберётесь с ним – переходите к примерам посложнее. А пока запустим IDEA StatiCa.

4.4.1 Создание нового проекта

Откроем модуль Connection со стартовой страницы:



Есть вопрос?

Создадим новый проект – выберем наиболее подходящий шаблон для будущего узла, присвоим ему имя и выберем необходимые материалы:

- Имя «Стык Дв на ВП болтах» (или любое другое, какое Вам нравится) •
- Описание «М20 10.9 В, С390» (так будет понятнее) •
- Марка стали С345
- Болтовое соединение М20 10.9 В, так как болты будут преднапряжёнными
- Материал сварки Э50 (в данном примере влиять ни на что не будет)

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Обратите внимание на то, чтобы в проекте были выбраны российские нормы проектирования – СП **16.13330.2017**

После ввода всех параметров жмите на большую оранжевую кнопку «Создать проект»



Если Вас смущает то, что цветовая палитра Вашего узла (цвет болтов, нагрузок, пластин и элементов) отличается от той, что на рисунке, поменяйте параметры цветового отображения. Как это сделать? Переходите разделу главы Вопросы и ответы <u>Как поменять палитру графического интерфейса</u>.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

4.4.2 Настройка геометрии модели

Ну что ж, первым делом немного изменим геометрию нашего узла:

Изменим сечение на сварной двутавр:



Параметры сварного двутавра:

Iw		
Имя	Iw200x150	
Rotation [°]	0,0	
Высота [mm]	200	
Полка		
Толщина [mm]	8,0	÷
Ширина [mm]	150	
Стенка		
Толщина [mm]	8,0	÷
Материал		
Сталь	C390 🔻	1+

Далее изменим сечение элемента «**B2**» на только что созданное:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



С геометрией готово, переходим к нагрузкам.

4.4.3 Нагрузки

Перейдём к загружениям, щёлкнув мышью на «LE1». Очистим таблицу усилий и скопируем загружение.



В первом загружении зададим только продольную силу **N** = **100 кН**, во втором – только изгибающий момент **My** = **10 кНм**:

Телефон:(812) 321-00-55 🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА 192102, Санкт-Петербург, Email: idea@nipinfor.ru улица Фучика, д. 4, лит. «К» Группа в Телеграм: **IDEA StatiCa Russia** N Vy Vz [kN] [kN] [kN] Mz Мx My ٧z Mx Му Mz Элемент Элемент [kNm] [kNm] [kNm] [kN] [kN] [kN] [kNm] [kNm] [kNm] > В1 / Конец 100,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 > В1 / Конец 0,0 0,0 0,0 0,0 10,0 0,0 Значения в неактивных ячейках не учитываются в КМКЭ Значения в неактивных ячейках не учитываются в КМКЭ расчёте, Злементы могут быть загружены только теми расчёте. Элементы могут быть загружены только теми Элементы Элементы усилиями, которые допускает свойство элемента "Тип усилиями, которые допускает свойство элемента "Тип 1 B1 B1 1 радчётной модели". расчётной модеря 1 1 <u>B2</u> <u>B2</u> Загружения Загружения Ν М M Операции Операции SPL3 SPL3

Почему так мало нагрузок? Потому что так будет проще анализировать результаты, это ведь показательный пример.

Чтобы переименовать загружение (см. рисунок выше), выберите его левой кнопкой мыши в дереве проекта и нажмите клавишу **«F2»** на клавиатуре. С загружениями готово, но прежде чем двигаться дальше, обратите внимание на режим задания нагрузок. В данном примере они задаются упрощённо - режим <u>равновесия нагрузок</u> отключён. Однако программа автоматически вычисляет реакцию в за-креплении <u>опорного элемента</u> и учитывает её в расчёте. Таким образом, схема загружения узла для заданных загружений на самом деле выглядит следующим образом:



Но в Вашем случае усилия будут отображаться только с одного конца. Но Вы должны помнить, что на самом деле в опоре тоже действует нагрузка, которая не отображается в упрощённом режиме.

Более подробную информацию о связях, опорном элементе и задании нагрузок можно найти в разделах 3.2, 3.3, 3.4 [1]. А пока идём дальше.

4.4.4 Конструирование

Настроим параметры болтового соединения - монтажной операции «SPL1»:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Обязательно обратите внимание на то, чтобы напротив параметра «Восприятие сдвига» стояло свойство «Трение». Только в этом случае IDEA StatiCa будет распознавать болтовое соединение как фрикционное. Другие необходимые параметры выделены синей рамкой на рисунке ниже.

Стыковая накладка			
Элемент	В1 Стенка 1 🔹 🔻		k
Элемент 2	B2	•	k
Крепится к	Новая пластина		
Позиции	+		•
Материал	C390	•	+
Толщина [mm]	12,0	-	
B1 [mm]	120		
B2 [mm]	120		
Смещение 1 [mm]	-20		
Смещение 2 [mm]	-20		
Тип соединения	Болтовое		
Задняя накладка	×		
Толщина [mm]	0,0	÷	
Смещение от пластины [mm]	10		

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

,	Болты			
	Тип	M20 10.9 B		•
	Опорная линия	Ось X элемента		•
	Ряды [mm]	-30; 30		
	Позиции (mm)	30 60		
	Сетка	Постоянная		•
	Плоскость среза по резьбе			
	Восприятие сдвига	Трение		•
		Смятие		
		Смятие - совме	стное действие растяжения/сдвига	
	_	Трение		

Погодите, это пока не всё. Здесь есть ещё кое-что интересное. Возможно, Вы обратили внимание на то, что «Ряды» и «Позиции» болтов заданы по-разному: ряды – через точку с запятой «; », а позиции – через пробел « ». Советуем почитать об этом в справочном разделе Советы по заданию позиций болтов.

Далее зайдём в «Настройки норм»:



Убедимся, что коэффициент трения для фрикционного соединения равен 0,35, тип контроля – статический, а коэффициент условий работы определяется программой автоматически:

Настр	оойки норм проектирования и расчётов	_	×				
•	Расчёт и проверка						
	Останавливать на предельной деформации						
	Констр. треб-ия						
	Проверка локальных пластических деформаций	✓					
	Преднапряжённые болты - коэффициент трения	0,35					
	Тип контроля натяжения болтов	Статич.	•				
	Тип сварки	Автоматическая и механизированная (d=1.4-2mm)	•				
	Friction joint service factor yb	Program determined	•				

После этого наконец-то переходим к расчёту.

Расчёт несущей способности 4.4.5

В данном примере будем производить расчёт в режиме «DR» для определения предельной нагрузки, которую может воспринять болтовое соединение. Зададим нужный режим в верхней левой части экрана и выполним расчёт.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Перейдём на вкладку «Проверка» к таблице «Несущая способность узла». Здесь отображаются резервы несущей способности соединения для каждого из загружений.



Согласно расчёту предельное растягивающее усилие для узла составляет

$$N_{ult} = 100 \text{ кH} \cdot \frac{329,7\%}{100\%} = 329,7 \text{ кH}$$

Предельный изгибающий момент, который может воспринять фрикционное соединение:

$$M_{ult} = 10 \text{ кHm} \cdot \frac{142,4 \text{ \%}}{100 \text{ \%}} = 14,2 \text{ кH}$$

Запомним эти числа, они нам ещё понадобятся.

4.4.6 Упругопластический расчёт

Скопируем узел и изменим режим расчёта на «EPS» в левой верхней части экрана.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Перейдём обратно к вкладке «Конструирование» и зайдём в загружения. Как мы помним, предельные величины усилий составили

 $N_{ult} = 329,7 \text{ kH}, \qquad M_{ult} = 14,2 \text{ kH}$

Изменим соответствующие значения в загружениях:



Выполним расчёт и после перейдём на вкладку «**Проверка**». Включим отображение деформированной схемы, сетки конечных элементов и эквивалентных напряжений. На ленте «КМКЭ» изменим вывод результатов на «Для текущего», чтобы усилия и напряжения отображались для выбранного загружения и проанализируем полученные результаты.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Действие продольной силы

Перейдём к таблице результатов проверки преднапряжённых болтов и отобразим усилия в них:

Расчёт		Пласт	ины	Преднапряжённые болты						
Про	Проверка преднапряжённых болтов для выбранного загружения									
		Статус	Элеме	ент	Нагрузки	Nt [kN]	Ns [kN]	Nbf [kN]	Uts [%]	
>	+	0	B1		N	0,3	42,5	42,6	99,6	
	+	0	B2		N	7,1	40,2	41,0	98,0	
	+	0	B3		N	0,3	42,5	42,6	99,6	
	+	0	B4		N	7,1	40,2	41,0	98,0	
	+	0	B5		N	0,0	42,6	42,7	99,7	
	+	0	B6		N	7,4	40,0	40,9	97,9	
	+	0	B7		N	0,0	42,6	42,7	99,7	
	+	\bigcirc	B8		N	7,4	40,1	40,9	97,9	

Коэффициент использования преднапряжённого болта определяется следующим образом:

$$Ut_s = \frac{N_s}{N_{bf}}$$
,

Где *N_s* – сдвигающее усилие в наихудшей плоскости трения, *N_{bf}* – предельное усилие сдвига, которое может быть воспринято одной плоскостью трения (болтоконтактом). Обратите внимание на то, что коэффициенты использования всех болтоконтактов близки к 100%, что подтверждает ранее полученную величину продольной силы **N** = **329,7 кH**. Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Подробные результаты проверки каждого болта можно оценить, нажав на кнопку «+» в первом столбце таблицы – см. рисунок ниже. Здесь приводятся значения коэффициентов, расчётных сопротивлений и т.д. Об



Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Х∕♦ НИП-ИНФОРМАТИКА

Для болтов с 1 по 4 (правая часть на рисунке выше):

$$\sum_{i=1}^{4} N_s = (42,5 + 40,2 + 42,5 + 40,2) \cdot 2 = 330,8 \text{ kH}$$

Для болтов с 5 по 8 (левая часть на рисунке выше):

$$\sum_{i=5}^{8} N_s = (42,6+40,0+42,6+40,1) \cdot 2 = 330,6 \text{ kH}$$

Как мы видим, сумма сдвигающих усилий в болтах соответствует приложенной нагрузке в 329,7 кН. Небольшое расхождение в результатах вызвано разницей в сдвигающих усилиях, возникающих по разным поверхностям трения – в таблице отображается наибольшее из двух значений.

Действие изгибающего момента

Перейдём на отображение результатов по загружению «М», выбрав его на ленте «КМКЭ»:



При действии только изгибающего момента усилия в болтах распределяются следующим образом:



 	 e	

Расчёт Пластины Преднапряжённые болты

проверка преднапряженных оолтов для выбранного загружения									
		Статус	Элемент	Нагрузки	Nt [kN]	Ns [kN]	Nbf [kN]	Uts [%]	
>	+	0	B1	М	1,3	42,1	42,4	99,3	
	+	0	B2	м	2,2	41,7	42,2	99,0	
	+	0	B3	м	1,0	42,2	42,4	99,3	
	+	0	B4	м	1,3	42,1	42,4	99,3	
	+	0	B5	М	0,8	42,2	42,5	99,4	
	+	0	B6	м	2,1	41,8	42,2	99,1	
	+	0	B7	м	1,5	42,0	42,3	99,2	
	+	0	B8	м	1,7	41,9	42,3	99,2	

Как мы видим, коэффициенты использования каждого болтоконтакта близки к 100%. Это говорит нам о том, что предельный момент был определён в IDEA StatiCa верно. Чтобы проверить правильность вычисления сдвигающих усилий в болтоконтактах, придётся обратиться к теоретической механике. Да-да, именно к ней. Сейчас будем вспоминать, как находится момент пары сил.

Изгибающий момент, приложенный к узлу, распределяется между болтами пропорционально расстояниям. Исходя из полученных результатов сдвигающих усилий (как реакций на приложенную нагрузку) получим следующую величину момента:

$$M = \left(\frac{42,1+42,1}{2}\,\mathrm{\kappa H}\cdot 0,06\sqrt{2}\,\mathrm{m} + \frac{41,7+42,2}{2}\,\mathrm{\kappa H}\cdot 0,06\sqrt{2}\,\mathrm{m}\right)\cdot 2 = 14,26\,\mathrm{\kappa Hm}\,,$$

Эта величина соответствует приложенному усилию в 14,2 кНм.

Здесь первая часть суммы в скобках представляет собой момент первой пары сил – сдвигающих усилий в болтоконтактах 1 и 4, а вторая часть – второй пары сил, от болтоконтактов 2 и 3, но только по

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



одной плоскости трения, поэтому сумма умножается на их количество - 2. Здесь 0,06 $\sqrt{2}$ – расстояние между болтами по диагонали – оно же плечо пары сил (см. рисунок ниже).



Если у Вас остались сомнения, проверим результаты ручным расчётом. Если нет – можем сразу переходить к отчёту.

4.4.7 Сравнение результатов с ручным расчётом

Вычислим расчётное усилие, которое может быть воспринято каждой плоскостью трения элементов, стянутых одним высокопрочным болтом класса М20 10.9 В (формула 191, п. 14.3.3 СП 16.13330.2017):

$$Q_{bh} = R_{bh} \cdot A_{bn} \cdot \frac{\mu}{\gamma_h} = 728 \cdot 245 \cdot \frac{0.35}{1.17} \cdot 10^{-3} = 53.36 \,\mathrm{\kappa H}$$

Предельные значения продольной силы и изгибающего момента:

$$N_{max} = Q_{bh} \cdot k \cdot n_b \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c = 53,36 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 341,5 \text{ KH}$$
$$M_{max} = Q_{bh} \cdot 2 \cdot \sqrt{d_x^2 + d_y^2} \cdot k \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c = 53,36 \cdot 2 \cdot 0,06\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 14,5 \text{ KHM}$$

Как мы видим, отличие от результатов, полученных в IDEA StatiCa, не превышает 5%. Если не верите – пересчитайте сами. А если верите, то можете переходить к формированию отчёта.

4.4.8 Отчёт

Перейдём на вкладку «Отчёт» и настроим вывод результатов:

Report					
— Данные проекта	<	настройки узлов прое		~	× 7
— Параграф		Чертежи - модель	2	ډر	<u>,</u> , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
— Материалы	-		Ι	5	
 Узлы проекта 		Чертежи - результаты	₩;	\mathbf{Z}	S.
Стык Дв на ВП болтах1		Ведомость материалов	×		2
— Настройки норм проектирования	-	Формулы	×	÷	:=
— Теоретические основы	-	Пояснения	×	12	
Информация о ПО	-	Цвета рисунков	all		

После нажмём на кнопку «Обновить»:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia





Просмотр отчёта

Далее экспортируем отчёт в документ PDF:



Не ленитесь - пролистайте отчёт, проверьте формулы, посмотрите на цветные картинки. Для любознательных пользователей (и не только) в конце отчёта приводятся теоретическое обоснование методик, используемых в программе, в частности – компонентного метода конечных элементов (да, тот самый КМКЭ). Здесь же Вы найдёте подробное описание нормативных проверок – приятное дополнение к отчёту, особенно при защите расчётов в экспертизе: Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Смятие в болтовых соединениях

Расчётное усилие, которое может быть воспринято одним болтом в случае смятия, определяется согласно п. 14.2.9 СП 16.13330:

 $N_s \leq N_{bp} = R_{bp} \cdot d_b \cdot t \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c$

Где

- N₅ срезающее усилие в болте, передаваемое на сминаемую пластину
- N_{bb} расчётное усилие, которое может быть воспринято одним болтом при смятии соединяемых элементов
- R_{bp} расчётное сопротивление одноболтового соединения смятию соединяемых элементов;
- R_{bp} = 1,60 R_{un} для болтов класса точности А и R_{bp} = 1,35 R_{un} для болтов класса точности В
- R_{un} временное сопротивление стали соединяемых элементов
- d_b наружный диаметр стержня болта
- t толщина пластины
- Yb коэффициент условий работы болтового соединения (Табл. 41 СП 16.13330)
- ус коэффициент условий работы (Табл. 1 СП 16.13330)

Каждая пластина проверяется отдельно, после расчёта отображается наихудший результат. В СП 16.13330 не определяется значение коэффициента условий работы болтового соединения для случаев, не предусмотренных таблицей 41. Поэтому для таких соединений проверка на смятие не выполняется.

Фрикционные соединения

Проверка сдвигоустойчивых соединений на болтах с контролируемых натяжением выполняется согласно Подразделу 14.3 СП 16.13330:

 $N_s \le N_{bf} = Q_{bh} \cdot Y_b \cdot Y_c$

Где

N_s – срезающее усилие в преднапряжённом болте и одной плоскости трения (болтоконтакте)

13/15

На этом с преднапряжёнными болтами пока всё. Если урок показался Вам слишком простым – попрактикуйтесь на узлах посложнее.

Ключевые слова: высокопрочные болты, преднапряжённые болты, теоретические основы, проверка на срез, СП 16.13330.2017, проверка на смятие, фрикционные соединения, стык на высокопрочных болтах.

4.5 Стык двутавров на торцевых пластинах

Опять двутавры? Да, но теперь мы рассмотрим немного другое соединение – стык на торцевых накладках. В этом примере рассмотрим особенности задания позиций болтов, а также посмотрим, как можно оптимизировать конструкцию узла. Поэтому читайте внимательно. Если готовы – запускайте IDEA StatiCa.



Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

4.5.1 Создание нового проекта

Откроем модуль Connection со стартовой страницы:



Есть вопрос?

Создадим новый проект – выберем наиболее подходящий шаблон для будущего узла, присвоим ему имя и выберем необходимые материалы:

- Имя «01_Стык_двутавров» •
- Описание «Стык двутавров на торцевых пластинах» •
- Марка стали С345 •
- Болтовое соединение М16 8.8 В
- Материал сварки Э50

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

//=/=/=/ StatiCé Colculate posterday's estimate	a° CONNECTION *	l	ntitled	- I ×
Сслоная унасной у видиная Сслоная унасной у видиная Сслоная унасной у видиная Скранить Скранить сак Информация О программе Ец. изм. Настройки Лицетзик Закраль Выход	Соллисстол Ноший приск Акумерный или трёхмерный узел? С анкеровкой? Прис Приск Прис Приск Приск Прис Приск Прис Приск Прис Приск Прис Приск Приск Приск Приск Приск Приск Приск Приск Приск Приск Приск Прис Приск Прис Приск Приск Прис Приск Приск Приск Прис Приск Прис Приск Прис Приск Прис Приск Прис Приск Приск Прис Приск Прис Приск Приск Приск Прис Приск Прис			
D				

Обратите внимание на то, чтобы в проекте были выбраны российские нормы проектирования – СП 16.13330.2017

После ввода всех параметров нажмите на кнопку «Создать проект»

4.5.2 Настройка геометрии модели

Как мы могли заметить, IDEA StatiCa автоматически создала две балки, соединённые накладками на болтах. Давайте немного изменим их сечение, выбрав сварной двутавр.


Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

Зададим следующие размеры сечения:



Затем изменим сечение балки В2 на только что созданное через её свойства.



4.5.3 Нагрузки

При создании узла по шаблону автоматически было добавлено одно загружение (LE1). При необходимости можно всегда добавить новое загружение. А сейчас введём величины внутренних усилий в таблицу:

	Элемент	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
>	В1 / Конец	2000,00	0,00	-80,00	0,0	150,0	0,0

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

У НИП-ИНФОРМАТИКА

4.5.4 Конструирование

Как мы могли заметить, программа автоматически добавила монтажную операцию «Стык на пластинах» (PP1). При необходимости можно всегда добавить другие монтажные операции. Давайте немного отредактируем свойства созданной операции «PP1», изменив параметры болтов и сварных швов.

Объёмный вид	Прозрачный вид	Каркасный вид	PP1	[Стык на пластинах]	P	едактор	Скопировать	Удалить
			•	Стык на пластинах				
				Элемент 1	B1			- v
				Элемент 2	B2			- k
170 17		r		X - позиция [mm]	0			
		Элементы		Материал	< по умолч >			- +
₩ Ø [©]		✓ B1		Толщина [mm]	20,0			÷
110 6		✓ <u>B2</u>		Тип соединения	Болтовое			•
$\square \square \square \square$	4	Загружения		Размеры	По профилю, симметрично			•
6871 (7)		🗹 LE1		Bepx [mm]	-10			
$\mathbb{T} \mathcal{O}^{\mathbb{U}}$	4	Операции		Лево [mm]	0			
110 _ (🖸 PP1 🔰	-	Болты				
$\square 0^{\omega}$				Тип	M24 10.9 B			• +
				Верхний ряд [mm]	-70 -110 -110			
				Левый ряд [mm]	-50 -90			
10 40	0			Плоскость среза по резьбе	×			
50 20				Восприятие сдвига	Смятие - совместное действие растяжения/с,	двига		•
٢			-	Сварные швы				
				Полки [mm]	7,0 🗘 Э70		• 🕹 🕹 🚣	⊥⊥
				Стенки [mm]	7,0 🔶 Э70		- 1 1 1	⊥⊥

Болтовое соедине	ение	-		~
5.6 A	M16	5 10.9 B		
5.6 B	M18	8 10.9 B		
5.8 A	M20) 10.9 B		
5.8 B	M22	2 10.9 B		
8.8 A	M24	↓10.9 B		
8.8 B	M27	7 10.9 B		
10.9 A	M30) 10.9 B		
10.9 B	M36	5 10.9 B		
12.9 A	M42	2 10.9 B		
12.9 B	M48	8 10.9 B		
RUS				
		OK	0	мена

4.5.5 Расчёт и проверка

Запустим КМКЭ расчёт, нажав на кнопку Расчёт на главной ленте. При этом автоматически создаётся расчётная модель узла и выполняется сам расчёт, по окончании которого в левой верхней части окна

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



отобразятся результаты общей проверки – коэффициенты использования болтов, сварных швов и пластин.



Перейдём на вкладку ленты Проверка и активируем следующие режимы отображения результатов для детального анализа работы нашего узла:

- Проверка по деформациям
- Усилия в болтах •
- Сетка
- Деформированная схема

Раскроем таблицу Болты и проанализируем усилия. Заметим, что некоторые из болтов используются неэффективно (к примеру, В5 и В7) – они выделены синей рамкой в нижнем правом углу на эскизе.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Давайте посмотрим на результаты проверки какого-нибудь болта, нажав на кнопку со знаком «+» в таблице «Болты» (к примеру, B22)



Здесь приводятся формулы, по которым выполняется проверка болтов в соответствии с выбранными нормами проектирования (в нашем случае по СП 16.13330.2017), с пояснениями и ссылками на пункты из документа.

4.5.6 Оптимизация конструкции узла

С помощью IDEA StatiCa можно с лёгкостью оптимизировать конструкцию нашего узла, что позволит избежать перерасхода материала. Как мы могли заметить, некоторые из наших болтов (расположенные с левого и правого краёв) не включаются в работу – их коэффициенты использования едва составляют пару процентов. Давайте удалим их.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Перейдём обратно на вкладку «Конструирование», переключимся на «Объёмный вид» и выберем монтажную операцию «PP1». Затем зайдём в «Редактор» в свойствах монтажной операции «PP1» [Стык на пластинах].



В открывшемся окне нажмём на кнопку «Разделить» и уберём болты №5, 7, 9, 11, 17, 19, 21 и 23, выбрав их и нажав на кнопку «Удалить».

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

🔛 Редактор плас	тин											<u> </u>	3
Отменить Повт	орить С	Смещение Закруг	ление Фаска	а Скос Д	југа Отверстие Вы	рез Болт							
Данные			Опе	рации		Добавит	гь						
15 J 16 J					2D	Drawing	BG1			Разде	ить Скопиро	вать Удали	пь
_						Операции		Id	X [mm]	Y [mm]	Отверстие	ſ	*
	3	- 4	2	1		Болты ВG1		1	150,00	280,00	• - 1		
	O'	O t	Ċ	$^{\prime}$	-			2	60,00	280,00	• - 1		
		_						3	-150,00	280,00	• - 1		
	7	്	6	5				4	-60,00	280,00	• - 1		
	\cup	\cup	\bigcirc	\cup				5	150,00	170,00	• - 1		
		in Y						6	60,00	170,00	• - 1		=
	O^{11}	O ¹² ≬	O^{10}	്				7	-150,00	170,00	• - 1		
								8	-60,00	170,00	• - 1		
		~ ~ ~		~				9	150,00	60,00	• - 1		
	C ³	04	\mathcal{O}^2	O^{1}				10	60,00	60,00	• - 1		
								11	-150,00	60,00	• - •		
	_19	~20	_18	_17				12	-60,00	60,00	• - •		
	0	0	0	\mathbf{O}				13	150,00	-280,00	• - 1		
								14	60,00	-280,00	• - •		
	15	0 ¹⁶	14	13				15	-150,00	-280,00	• - 1		
	0	0	0	0				16	-60,00	-280,00	• - 1		
L					1			17	150,00	-170,00			-
										01		0	
										OK	Применить	Отмена	a

После выполнения всех действий нажмём на кнопку «Применить» и снова запустим расчёт. По завершению расчёта перейдём к проверке результатов. Как мы видим, наш узел по-прежнему удовлетворяет требованиям нормативных проверок, но нам удалось уменьшить количество болтов на треть.



Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

4.5.7 Отчёт

Ну и напоследок сгенерируем Отчёт по результатам расчёта. В IDEA StatiCa имеется множество функций для настройки его содержимого и экспорта в другие форматы для дальнейшего редактирования – (DOC, PDF). Отчёт представлен полностью на русском языке (в зависимости от выбранных языковых настроек).





Всего за несколько минут мы смоделировали, рассчитали и оптимизировали наш узел, а также вывели подробный отчёт с результатами проверок компонентов по СП 16.13330.2017 и ссылками на используемые формулы.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

Ключевые слова: СП 16.13330.2017, проверка на растяжение, стык двутавров болтах, торцевая пластина, проверки по нормам, оптимизация конструкции, редактирование болтов, удаление болтов.

4.6 Узел стыка нижнего пояса фермы типа «Молодечно»

В данном примере мы подробно рассмотрим особенности расчёта и проверки по нормам узла стыка нижнего пояса фермы типа «Молодечно» пролётом 24 метра с помощью IDEA StatiCa Connection. Пример серьёзный и объёмный, поэтому если устали, то лучше сперва отдохните.



Всё, отдохнули? Тогда поехали.

4.6.1 Создание нового проекта

Запустим программу IDEA StatiCa и откроем модуль Connection



Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

Создадим новый проект – выберем наиболее подходящий шаблон для будущего узла, присвоим ему имя и выберем необходимые материалы:

- Имя «07_Стык_нижнего_пояса» •
- Описание «Узел стыковки нижнего пояса МОЛОДЕЧНО, 24м» •
- Марка стали С345 (таблица В.3 СП 16.13330.2017) •
- Болтовое соединение М24 10.9 В •
- Материал сварки Э50 •

Calculater yestenday's matimate	a* CONNECTION **		untitled	
< Добавить	Новый проект 1. Выберите Класс Двумерный или трёхмерный узел? С анкеровкой?	2. Выберите Топологию На какой из предложенных вариантов пох	З. Выберите Исполнен кож ваш узел? Выберите нужное исполнение.	ние 4. Выберите Параметры
Открыть Сохранить Сохранить как Информация О программе				Иша 07. Стих, писонего, полса Опислике Узак стаковки нижието пояса МОЛОДЕННО, 24и Марка стаки С345 Болгово сокранение С Магерила схарки 350 Класс бетона 825
Ед. изм. Настройки Лицензии Закрыть Выход				Корми проестровния
				Создать проект
Полезные ресурсы	Новости			
Обучающие файлы FAQ Готовые проекты Конкретные примеры Вебинары	127.20.2019 New femplates of bridge disphragms Transits to our new templates implemented in IDAS Statica Detail version 12.00, you can use a few topologies of bridge disphragms in a much faster way. You can use a few topologies of bridge disphragms bob gidler disphragm, multice lob our gridd disphragm (and the templates) supported double tee bridge or directly supported double tee tridge.	3.00.003 Mehanist. Thirdges – Pier cap design Midges are some of the most complex structures in terms of providing desizings, safety and function during there were (if ite. On this webnar, we will focus on an inrovative approach to modeling, designing and ode-checking of a pier cap.	Disastan design code for the steet-to-steet joints Bringing the advantages of our unique tool in front of the new sudience and regions is definitely one of our goals. Tab's with we are constantly adding new local codes for specific markets. Just recently we have implemented the Assiss hare id eding no of 29 16 for steet-so-steet joints, such a pulses, Josis, precised loss, web's hot here NDEA Stable Connection works for the new IDEA	00.00100 Connections Worknesskays: Supportation Joint – a bad prac In our ned websing we are going to focus on a very common problem in the process of morphan ja print to IDE Satica Connection via BIM link from a CAD software – either Advance Steel or Tekis Shuctures.

Обратите внимание на то, чтобы в проекте были выбраны российские нормы проектирования – СП 16.13330.2017

После ввода всех параметров нажмите на кнопку «Создать проект»

4.6.2 Настройка геометрии модели

Как мы могли заметить, IDEA StatiCa автоматически создала две трубы, соединённые накладками на болтах. Изменим их сечение, выбрав квадратные трубы по ГОСТ Р 54157-2010.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia

К НИП-ИНФОРМАТИКА



Выберем сечение из встроенного сортамента - квадратную трубу 140х5 и нажмём «**ОК**».







Затем изменим сечение элемента В2 на только что созданное через его свойства.

×

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> IDEA StatiCa Russia

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



4.6.3 Нагрузки

При создании узла по шаблону автоматически было добавлено одно загружение (LE1). При необходимости можно всегда добавить новое загружение. А сейчас введём величины внутренних усилий в таблицу, задав только продольную силу в **776 кН**:

	Элемент	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
>	В1 / Конец	776,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0

4.6.4 Конструирование

Как мы могли заметить, программа автоматически добавила монтажную операцию «Стык на пластинах» (PP1). При необходимости можно всегда добавить другие монтажные операции. Отредактируем свойства созданной операции «PP1», изменив параметры болтов и сварных швов.



Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

4.6.5 Добавление группы болтов

Добавим ещё одну монтажную операцию, чтобы разместить болты слева и справа от трубы, щёлкнув левой кнопкой мыши на нужной картинке:



Настроим свойства монтажной операции «**Крепёж1**» - параметры размещения болтов и их класс, соединяемые детали и характер работы. Начало координат в данном случае связано с ЦТ сечения пластин.



4.6.6 Расстановка рёбер жёсткости

В соответствии с конструкцией узла требуется расположить рёбра жёсткости, которые привариваются к трубе и фланцу. Воспользуемся монтажной операцией «**Ребро**»

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Обратите внимание на положение как самого ребра жёсткости, так и параметров его сварных швов:



Скопируем монтажную операцию «Ребро1», поочередно меняя параметр «**Элементы сечения**» в свойствах новых рёбер жёсткости на «Дуга 5», «Дуга 8», «Дуга 11».

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

К НИП-ИНФОРМАТИКА



При правильном выполнении всех действий труба «В1» будет подкреплена рёбрами жёсткости по всем четырём углам.

Скопируем последнюю монтажную операцию «Ребро1» снова и изменим параметры «**На элементе**» на «B2» и «**Относится к**» на «PP1b»:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Аналогичным образом скопируем «Ребро5» ещё 3 раза и поочередно заменим параметр «Элементы сечения» на «Дуга 5», «Дуга 8», «Дуга 11».

В результате наш узел должен выглядеть следующим образом:



Теперь можно и к расчёту перейти.

4.6.7 Расчёт и проверка

Перед тем, как начать расчёт зайдём в «Настройки норм и расчётов», чтобы задать параметры сварки и преднапряжённых болтов.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Зададим коэффициент трения равным **0,42**, тип контроля натяжения – статический, автоматическую и механизированную сварку с проволокой **1,4-2 мм**. Коэффициент условий работы фрикционного соединения будет вычислен программой **автоматически** и нажмём **«ОК»**.

Запустим КМКЭ расчёт, нажав на кнопку **Расчёт** на главной ленте. При этом автоматически создаётся расчётная модель узла и выполняется сам расчёт, по окончании которого в левой верхней части окна отобразятся результаты общей проверки – коэффициенты использования болтов, сварных швов и пластин.

Перейдём на вкладку ленты **Проверка** и активируем следующие режимы отображения результатов для детального анализа работы нашего узла:

- Эквивалентные напряжения (по энергетической теории прочности)
- Сетка
- Деформированная схема, масштаб 50

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



4.6.8 Преднапряжённые болты

Раскроем таблицу **Болты** и проанализируем усилия. Заметим, что некоторые из болтов используются неэффективно (к примеру, B5 и B7) – они выделены синей рамкой в нижнем правом углу на эскизе.

Просуммируем усилия в болтах: 107,50 + 107,08 + 107,52 + 107,07 + 107,17 + 107,09 + 107,11 + 107,08 = 857,62 кН, что превышает приложенную продольную силу в 776 кН. Данное расхождение вызвано рычажным эффектом – увеличением усилий в болтах вследствие изгиба фланцев. Чтобы убедиться в этом, достаточно проанализировать деформированную схему узла.



4.6.9 Пластины





Несмотря на то, что для труб и пластин была указана одна марка стали – C345, их расчётные сопротивления отличаются. Прочностные характеристики стали в IDEA StatiCa Connection вычисляются автоматически в зависимости от толщины проката.

Примеры расчёта стальных узлов в IDEA StatiCa Connection

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>



Расчётные данные

	Материал	Ry [MPa]	Ru [MPa]	ε,lim [%]
>	C345	336,6	478,0	5,0
	C345 - 1	297,6	448,8	5,0

Согласно таблице ВЗ СП 16.13330.2017 для труб получим: **Ry** = **345/1,025** = **336,6 МПа**, для пластин: **Ry** = **305/1,025** = **297,6 МПа**, что полностью соответствует данным, используемым программой.

4.6.10 Сварные швы

Перейдём к таблице «Сварные швы» и раскроем одну из строк таблицы, нажав на «+». Здесь приводятся результаты проверки сварного шва по двум сечениям – металлу шва и металлу границы сплавления. Каждый сварной шов разбивается на конечные элементы, для каждого из которых вычисляется условное сдвигающее усилие. Проверка выполняется в соответствии с п. 14.1.16 СП 16.13330.2017 на условный срез.



4.6.11 Отчёт

Ну и напоследок сгенерируем **Отчёт** по результатам расчёта. В IDEA StatiCa имеется множество функций для настройки его содержимого и экспорта в другие форматы для дальнейшего редактирования – (DOC, PDF). Отчёт представлен полностью на **русском** языке (в зависимости от выбранных языковых настроек).

Включим отображение следующих параметров:

• Теоретические основы,

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



• Формулы для экстремальных значений из таблицы

затем обновим наш отчёт и экспортируем его в формат DOC.

StatiCa* CONNECTION	07_Стык_нижнего_пояс	яса_МОЛОДЕЧНО.ideaCon	×
Colculate yesterclay's estimates Главная	Конструирование Проверха Отчёт Материалы		
07_Стык,нижнего_пояса • EPS ST CD DR Добавить Скопировать Узлы проекта	Céncente Reverse Reported and the Control of the Co	нных	
	Данные проекта Назвачие проекта 0'_Crък_нижнего_пояса_MOROДЕЧНО. Начае проекта 0''_Crък_нижнего_пояса_MOROДЕЧНО. Начае проекта Узел стъкавани иничето пояса MOROДЕЧНО. Отис.ачие Узел стъкавани иничето пояса MOROДЕЧНО. Дата 18/00/19 Ноти проектрования 8'' Материала 24.6 Бетон 825 Узел проекта 07_CTык_нижнего_пояса	Peport Areport Ar	
	Проектирование Имя 07_Стык_нижнего_пояса Описание Узея стъковия илжонето пояса МОЛОДЕЧНО, 24м Расчёт Напряжение, раборизация/ упроцённое задание натрузок Балки и Колонны Иля Солит Направление Наклон Вращение Смещение - Смещение - Прилг.	Increase	
	[7] [7] [7] [7] [7] [7] [7] [7] [7] [7]	сил	
	B1 5.0 0,0 0,0 0,0 0 0 Vien		
		Hacrpolicu yunu npoerra Vepresa - kogene M H J J J I S Vepresa - peynnitm Begowern sampanos S G Opanyna X T Becnema X T Here perynos M II	

Обратите внимание на проверку преднапряжённых болтов (результаты для В7) – все значения в формулах берутся в соответствии с выбранными ранее параметрами. Например, коэффициент условий работы фрикционного соединения равен 0,9, что соответствует пункту 14.3.4 СП 16.13330.2017 (5-10 болтов, в нашем случае их 8).

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**





В проверках сварных швов также выводятся подробные расчёты по формулам из СП 16.13330.2017 как по металлу шва, так и по металлу границы сплавления. Расчётные сопротивления материала сварки и коэффициенты проплавления вычисляются автоматически в зависимости от выбранных ранее электродов.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Проект: 07_Стык_нижнего_пояса_МОЛОДЕЧНО	Проект: 07_Стык_ниж	него_пояса_МОЛОДЕЧНО		
Лроект №:	 Проект №:	``		
Автор:	Автор:			
350 44,0 179 9 LE1 7,09 97,3 81,5 OK	$R_{wun} =$			
PP1b 350 44,0 109 9 LE1 6,82 97,2 86,8 OK	490,0 MPa – нормативное сопротивле γ _{term} =	ние металла швов сварных соединений с	с угловы	ми швами
B2-arc 2 350 44,0 179 9 LE1 7,09 97,3 81,5 OK	1,250 – коэф-т надёжности по металл	у шва		
350 44,0 179 9 LE1 7,09 97,3 81,5 OK	$\gamma_{c} = 1,000$	– коэф-т условий работы		
PP1b 350 44,0 109 9 LE1 6,82 97,2 86,8 OK	Проверка несущей способности	основного металла шва (SP16-Cl.1	14.1)	
B2-arc 5 350 44,0 179 9 LE1 7,09 97,3 81,5 OK	$\frac{1}{\beta_z \cdot k_f \cdot l_{wz} \cdot \gamma_c} = 0.815 \le 1.0$			
350 44,0 179 9 LE1 7,09 97,3 81,5 OK	где:			
350 44,0 109 9 LE1 6,82 97,2 86,8 OK	N = 7,09 kN — условное	сдвигающее усилие в элементе сварки		
32-arc 8 350 44,0 179 9 LE1 7,09 97,3 81,5 OK	β _z = 1,050 — козф-т по	металлу границы сплавления		
350 44,0 179 9 LE1 7,09 97,3 81,5 OK PP1b 350 44,0 109 9 LE1 682 97.2 868 OK	kf = 4 mm — катет сва	рного шва		
350 4,0 109 9 LE1 6,82 97,2 86,8 OK	l _{we} = 9 mm — расчётная	а длина элемента сварки		
32-arc 11 350 40 179 9 LE1 7,09 97,3 81,5 OK	$l_{we} = \frac{1}{T} \cdot l_e$			
PP1a 350 45,0 5% 4 LE1 3,59 97,0 86,6 OK	$l_w = l - 10 \text{ mm} =$			
PP1b 350 45,0 527 4 LE1 3,59 97,0 86,6 OK	169 mm – расчётная длина сварного і	шва		
ОЯСНЕНИЯ К СИМВОЛАМ	179 mm – фактическая длина сварног	э шва		
	$l_e =$			
к, Катет сварного шва	ПО ППП – фактическая длина злемента <i>R_{wz}</i> = 220.5 MPa – расчётное	а сварки з сопротивление свярного соединения по	металл	/ границы сплавл
и очаклическая длина сварного шва	$R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un}$,
N Условное сдвигающее усилие в элементе сварки	, где:			
Utam Козф-т использования по металлу шва Utam Козф-т использования по металлу границы сплавления	R _{un} = 490.0 MPa – нормативное временное	сопротивление стали свариваемых дета	лей	
	$\gamma_{c} = 1,000$ — козф-т ус.	повий работы		
одробные результаты для B2-arc 8 / Ребро/				
Іроверка прочности сварных швов (SP16-Cl.14.1)	Устойчивость			
$\frac{N}{\beta_{f} \cdot k_{f} \cdot d_{sr} \cdot R_{sf} \cdot \gamma_{c}} = 0.973 \le 1.0$	Расчёт на устойчивость не вы	полнялся.		
1e:				
N = 7,09 kN – условное сдвигающее усилие в элементе сварки				
β _f = 0,900 – коэф-т по металлу шва	Настроики норм	проектирования		
k _f = 4 mm – катет сварного шва			Fe	1
luce = 9 mm – расчётная длина элемента сварки	Элемент	Значение	СД. ИЗМ.	Ссылка
$we = \frac{l_T}{T} \cdot l_e$	Останавливать на предельной	Нет		
$r_{\rm de:}$ $w = l - 10 \rm{mm} =$	Констр. треб-ия	Нет		SP16 - CI.14.1.
69 mm – расчётная длина сварного шва	Преднапряжённые болты -	0.100		1 able 38,40
= 179 mm – thektiweerkee anwee reaphoro uitee	коэффициент трения µ	0,420	-	SP16 - Table 42
	Тип контроля натяжения болтов	Static Автоматическая и механизированная		SP16 - Table 42
0 mm – фактическая длина элемента сварки	Тип сварки	(d=1.4-2mm)		SP16 - Table 39
п _{eff} = 210,0 мма — расчетное сопротивление сварного соединения по металлу шва	Длина анкера для вычисления жёсткости (d)	8	-	EN 1993-1-8 - T 6.11
$n_{ef} = 0.00 \cdot \frac{\gamma_{em}}{\gamma_{em}}$	Козф. условий рабсты, ус	1,000	-	SP16 - Table 1
rae:		0.050		EN1 4000 4 C T

ר

Ну что ж, всего за несколько минут мы смоделировали и рассчитали наш узел, а также вывели подробный отчёт с результатами проверок компонентов по СП 16.13330.2017 и ссылками на используемые формулы. Надеемся, что данный урок был для Вас полезным. Можете потихоньку выходить в свободное плавание.

Ключевые слова: проверка болтов на растяжение, стык нижнего пояса фермы «Молодечно», трубы, рёбра жёсткости, добавление болтов, проверки по СП 16.13330.2017, проверка сварных швов, проверка болтов.

BIM-связки с Tekla, SAP2000, ETABS и Advance Steel 5

Настоятельно рекомендуем начинать с простых примеров. Руководствуйтесь принципом «от малого к большему». После того, как овладеете приёмами работы с ВІМ-связками на простых примерах, можете смело поднимать планку и экспортировать узлы посложнее. Но имейте в виду, что при экспорте узлов из CAD-программ в IDEA StatiCa Connection имеются некоторые ограничения. Более подробно они описаны в пошаговых инструкциях на сайте разработчика. Чтобы ознакомиться с ними, нажмите на заголовок «Known limitations» в начале мануала по работе с BIM-связкой.

|--|

Там же приводятся возможные способы обхода этих ограничений. К каждой инструкции прилагаются файл модели и наглядная видеоинструкция. Найти их можно в правой верхней части каждого мануала.



Рисунок 5-1. Кнопки слева направо: видео, модель узла в облачном сервисе, архив с моделью для импорта, печать мануала

Все инструкции находятся здесь.

Рассмотрим некоторые из них чуть подробнее.

5.1 Tekla Structures

Пожалуй, самая востребованная и используемая ВІМ-связка из имеющихся. Благодаря ей расчёт и проверки по нормам даже сложных узлов (рисунок ниже) занимают всего несколько минут.



На данный момент поддерживаются следующие версии ПО Tekla Structures: 21.0, 21.1, 2016, 2016i, 2017, 2017і, 2018 и 2018і. Если Вы не нашли в процессе установки вашу версию ПО Tekla Structures в списке

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

предложенных программ, вы можете установить плагин вручную. Все плагины находятся в папке с программой (по умолчанию «C:\Program Files\IDEAStatiCa\StatiCa10»):

🚳 Idea4Tekla210.bat	28/01/19 14:02	Пакетный файл Windows	<u>1 КБ</u>
🚳 Idea4Tekla211.bat	28/01/19 14:02	Пакетный файл Windows	<u>1 КБ</u>
🚳 Idea4Tekla2016.bat	28/01/19 14:02	Пакетный файл Windows	<u>1 КБ</u>
🚳 Idea4Tekla2016i.bat	28/01/19 14:02	Пакетный файл Windows	<u>1 КБ</u>
🚳 Idea4Tekla2017.bat	28/01/19 14:02	Пакетный файл Windows	<u>1 КБ</u>
🚳 Idea4Tekla2017i.bat	28/01/19 14:02	Пакетный файл Windows	1 KB
🚳 Idea4Tekla2018.bat	28/01/19 14:02	Пакетный файл Windows	1 KB
🚳 Idea4Tekla2018i.bat	28/01/19 14:02	Пакетный файл Windows	1 КБ

Просто запустите нужный Вам файл от имени администратора. Теперь после запуска Tekla Structures нужный компонент будет доступен на ленте:



Если же вкладка IDEA Connection отсутствует на ленте, запустите компонент «IdeaCBFEM_UI» вручную:



Процедура импорта узла из Tekla Structures в IDEA StatiCa Connection описана здесь.

Да, материал на английском языке, но тем не менее, по картинкам всё понятно.

Также рекомендуем посмотреть эти видео:

- Импорт узла из Tekla Structures
- IDEA StatiCa: Совместная работа Tekla Structures и SAP2000 •
- Мастер класс «Tekla SAP2000 IDEA StatiCa: Совместное использование»:

Они полностью на русском языке.

BIM-связки с Tekla, SAP2000, ETABS и Advance Steel

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

У НИП-ИНФОРМАТИКА

Ключевые слова: Tekla, BIM связки, импорт узла.

5.2 **SAP2000**

С помощью этой BIM-связки можно экспортировать из SAP2000 топологию элементов, их сечения и усилия в них от имеющихся загружений. Совместное использование этой связки с Tekla позволяет получить модель узла, полностью подготовленную к расчёту: элементы, сходящиеся в узле, пластины, рёбра жёсткости, болты и сварные швы передаются из Tekla, а нагрузки (как внутренние усилия) подгружаются из SAP2000.

Пошаговую инструкцию можно найти здесь.

Видео на русском языке по работе с BIM-связкой:

- IDEA StatiCa: Совместная работа Tekla Structures и SAP2000.
- Mactep класс «Tekla SAP2000 IDEA StatiCa: Совместное использование»:

Ключевые слова: SAP2000, BIM связки, CSi, импорт нагрузок, импорт узла.

5.3 **ETABS**

Порядок работы с этой связкой практически не особо отличается от предыдущей. Подробная инструкция на английском языке находится здесь.

Ключевые слова: ETABS, BIM связки, CSi, импорт нагрузок, импорт узла.

Advance Steel 5.4

После установки BIM-связки с Advance Steel запустить её можно с помощью команды «CONUI» в Advance Steel. После вызова команды появится окно диспетчера:



В нём нужно будет выбрать нормы проектирования и после этого по порядку отметить:

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

Х НИП-ИНФОРМАТИКА

- Геометрический центр узла; •
- Элементы, сходящиеся в узле (балки, колонны, подкосы), после нажать ENTER; •
- Пластины, рёбра жёсткости, болты, после нажать ENTER. •

Далее запустится IDEA StatiCa:



Нам останется только добавить нагрузки (следите за их равновесием), произвести расчёт и сгенерировать отчёт по полученным результатам.

Пошаговую инструкцию на английском языке можно найти здесь.

Информацию о взаимодействии IDEA StatiCa с другими программами - здесь.

Ключевые слова: Advance Steel, BIM связки, Autodesk, импорт узла.

6 Вопросы и ответы

6.1 Лицензирование

6.1.1 Не пришёл ключ активации

Если Вам не пришёл ключ активации, первым делом проверьте папку нежелательных писем.

- Нашли письмо в папке со спамом? Отлично, копируйте ключ и приступайте к работе. Обратите внимание на то, что срок действия триальной версии (14 дней) отсчитывается именно с момента активации, а не с момента запроса.
- В папке нежелательных письма нет? Пожалуйста, повторите запрос и внимательно проверьте корректность почтового адреса.

Если же письмо с ключом активации упорно не хочет приходить на ваш почтовый ящик, пожалуйста, свяжитесь с нами - контакты в верхней части страницы.

Ключевые слова: ключ активации, триальная лицензия, активация, лицензирование, лицензия.

6.1.2 Закончилась триальная лицензия. Что делать?

Прежде всего хотелось бы напомнить, что триальная версия может быть активирована на компьютере только один раз. Вам не хватило этого времени, чтобы полностью погрузиться в программу и оценить все её преимущества? Тогда у нас для Вас две новости. Хорошая: триальную лицензию можно продлить ещё на 2 недели. Не очень хорошая: триальную лицензию можно продлить только один раз. Для этого свяжитесь с нами - контакты находятся в верхней части страницы.

Убедительно просим Вас грамотно распределять своё рабочее время. Но если Вам и 4 недель окажется мало – временные коммерческие лицензии IDEA StatiCa будут для Вас самым оптимальным вариантом.

Ключевые слова: ключ активации, триальная лицензия, активация, лицензирование, лицензия, продление триальной лицензи.

6.1.3 Как получить коммерческую лицензию?

Если Вы задались этим вопросом, значит, Вы на правильном пути. В комплект поставки коммерческих лицензий IDEA StatiCa входят:

- Сертификат соответствия (скан-копия). Вы сможете защищать расчёты, выполненные в программе, при прохождении экспертизы.
- Руководство пользователя. Печатное издание, в котором приводится подробное описание функционала программы.
- Теоретические основы. Дополнение к руководству пользователя, содержащее теоретическое описание моделей, используемых в программе, а также особенности нормативных проверок в соответствии с СП 16.13330.2017 и Еврокодом.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>



Если Вы созрели для покупки коммерческой лицензии IDEA StatiCa, пожалуйста, свяжитесь с нами любым удобным для Вас способом. Если у Вас пока ещё остались сомнения, посмотрите это короткое видео (всего две с половиной минуты):

Семинар "IDEA StatiCa: Расчеты узлов по российским нормам" - 14 июня 2019 г.

В нём приводятся отзывы реальных пользователей IDEA StatiCa в России. Возможно, Вы, узнаете среди них своих коллег и знакомых.

6.2 Самые частые вопросы

6.2.1 А интерфейс на русском?

Если Вы внимательно читали этот мануал и успели поработать в программе, то наверняка заметили, что она полностью русифицирована. Даже отчёт по результатам выдаётся на русском языке.



Ключевые слова: локализация, русификация, русский язык, русский интерфейс, пользовательский интерфейс.

6.2.2 А по нашим нормам считает?

Опять-таки, внимательные пользователи наверняка заметили в Параметрах <u>диспетчера создания мо-</u><u>дели</u> родной триколор:

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



4. Выберите П	араметры
Имя	
Описание	
Марка стали	C345 🖒
Болтовое соединение	M16 8.8 B
Материал сварки	Э50 Č
Класс бетона	B25 Č
Нормы проектирования	

А это значит, что расчёт и проверки компонентов узла выполняются в соответствии с СП 16.13330.2017. Не верите? Вернитесь к разделу «Знакомство с программой» и повторите все действия.

В IDEA StatiCa Connection встроены актуальные российские сортаменты, а также марки сталей в соответствии с **СП 16.13330.2017**.

Ключевые слова: российские нормы, верификация, СП 16.13330.2017.

6.2.3 Есть ли сертификат соответствия?

Да-с, такая бумага имеется. Вот её фрагмент:

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ровольная	СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ				
2 G	№ RA.CZ.AБ86.H01166				
отификация	Срок действия с 31.05.2019 по 01.06.2022				
TO CEPTU	№ 0351072 ФИКАЦИИ ВА.ВЦ.11АБ86				

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ

ООО ЦСПС. Орган по сертификации программной продукции в строительстве 125057 г. Москва, Ленинградский проспект, дом 63, тел. (499) 157-1990

продукция Комплект программ IDEA StatiCa в составе программ IDEA StatiCa Connection, IDEA StatiCa Detail, IDEA StatiCa Steel Member для статических нелинейных и конструктивных расчётов узлов и элементов металлических и железобетонных конструкций

KOA OK 58.29.29.000

Получить сертификат могут все лицензионные пользователи программы. Если Вы заинтересовались этим вопросом, то переходите к разделу «Как получить коммерческую лицензию?».

Ключевые слова: сертификат соответствия, сертификация, экспертиза расчётов.

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

К НИП-ИНФОРМАТИКА

6.2.4 Какие узлы можно рассчитывать в IDEA StatiCa?

Ниже на рисунках приводятся примеры узлов на любой вкус и цвет. Все они были замоделированы и посчитаны в IDEA StatiCa Connection.



Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

К НИП-ИНФОРМАТИКА



















Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

К НИП-ИНФОРМАТИКА















Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**





Все эти узлы можно найти и скачать на сайте разработчика в разделе с примерами.

Строго говоря, IDEA StatiCa Connection предназначена для расчёта узлов именно из прокатных профилей. Для тонкостенных элементов использовать программу не рекомендуется (но если всё-таки Вы это делаете, то должны принимать во внимание некоторые моменты. Они подробно описаны в п. 3.12 [1] и на сайте разработчика.

6.3 «Как сделать так, чтобы...» или любимые вопросы пользователей

6.3.1 Как задать преднапряжённые болты?

Будем считать, что просто задавать болты Вы уже научились. Если нет – пожалуйста, гляньте первый урок в разделе Примеры расчёта узлов в IDEA StatiCa Connection.

Чтобы задать преднапряжённые болты, выберите любую монтажную операцию, в которой есть любые болты и перейдите к её свойствам. Чтобы IDEA StatiCa считала болты как преднапряжённые, а соединение было сдвигоустойчивым, нужно установить параметр «Восприятие сдвига» на «Трение»:

FP1	[Соединительная планка]		Редактор	Скопировать	Удалить	
•	 Соединительная планка 					
	Элемент	В			- v	
	Элемент сечения	Стенка 1			•	
	Крепится к	С			- 1	
	Материал	< по умолч >			• +	
	Толщина [mm]	10,0			÷	
	Тип соединения	Болтовое			•	
	Зазор [mm]	10,00				
	Нахлёст [mm]	90,00				
	Bepx [mm]	-30,00				
	Низ (mm)	-40,00				
	Расположение	Спереди			•	
	Вырез					
•	Болты					
	Тип	M24 10.9 B			• +	
	Горизонтальные слои [mm]	40,00				
	Вертикальные слои [mm]	0,00				
	Плоскость среза по резьбе					
	Восприятие сдвига	Трение			•	
•	Сварные швы					
	Пластина [mm]	0,0 🗘 Э50	•	- 1 1 1	⊥⊥	

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

Ну вот и всё. Осталось только настроить необходимые расчётные коэффициенты для фрикционных соединений. Заходим в Настройки норм:

Наст	Настройки норм проектирования и расчётов 🛛 🗕 🗖			
•	Расчёт и проверка		*	
	Останавливать на предельной деформации			
	Констр. треб-ия			
	Проверка локальных пластических деформаций	<i>✓</i>	Ξ	
	Преднапряжённые болты - коэффициент трения	0,35		
	Тип контроля натяжения болтов	Динамич. 🔻		
	Тип сварки	Автоматическая и механизированная (d=1.4-2mm) 🔻		
	Friction joint service factor yb	Program determined 🔹 🔻		
	Бетонный блок			
	Коэф-ты условий работы ү			
	Параметры проверок			
•	Модель и сетка КЭ		-	
Раз	вернуть Свернуть	Сбросить Сохранить ОК Отмен	ia	

За преднапряжённые болты отвечают три коэффициента. Они выделены рамкой на рисунке выше. Здесь Friction joint service factor – коэффициент условий работы фрикционного соединения. Его можно задавать вручную, если необходимо.

Особое внимание обратите на то, чтобы класс болтов для фрикционных соединений был не менее 8.8. Иначе рассчитать узел не получится и Вы увидите на экране такую ошибку:

🖸 Расчёт Класс болтов не поддерживается в сдвигоустойчивых узлах-М16 5.8 В

Ключевые слова: преднапряжённые болты, высокопрочные болты, восприятие сдвига, фрикционные соединения, болтоконтакт, трение.

6.3.2 Как задать одноболтовое соединение? Советы по заданию позиций болтов/анкеров

Тут все довольно просто и понятно. Хотите, чтобы позиции всех болтов задавались от одной общей точки – ставьте точку с запятой после каждого размера («; »). Если нужно, чтобы каждый следующий болт задавался от положения предыдущего – просто перечисляйте расстояния через пробел (« »). Нужно задать несколько болтов на одном расстоянии – поставьте звёздочку и нужное число и после расстояния («50*5»). Если очень хочется задать одноболтовое соединение – просто введите ноль в нужное поле (« **0** ») – пример на рисунке ниже. Но будьте осторожнее с ними – для элементов, которые крепятся одним болтов, должна быть задана соответствующая расчётная модель – N-Vy-Vz. Обязательно учитывайте этот момент, иначе рискуете столкнуться с ошибкой «Расчёт не выполнен».

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



•	Болты		
	Тип	M16 10.9 B	• +
	Опорная линия	Ось Х элемента	•
Bolo	Ряды [mm]	0,00	
	Позиции [mm]	40,00	
	Сетка	Постоянная	•
	Плоскость среза по резьбе		
	Восприятие сдвига	Смятие - совместное действие р	ac 🔻

Рисунок 6-1. Одноболтовое соединение в IDEA StatiCa

Ну а чтобы было понятнее, как это работает, запустим IDEA StatiCa и выберем какой-нибудь шаблон с болтами. Да чтобы болтов побольше было. Рамный узел с вутами – самое то. Создадим проект.



Кликайте на монтажную операцию «ЕР1». Прощёлкайте по ненужным заголовкам в свойствах монтажной операции, чтобы скрыть их. Оставим только то, что касается болтов:
🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

EP1	[Торцевая пластина]		Редактор	Скопировать	Удали
•	Торцевая пластина				
	Элемент 1	В			-
	Элемент 2	Не определён			•
	Крепится к	С		▼	
	Материал	< по умолч >			•
	Толщина [mm]	12,0			÷.
	Тип соединения	Болтовое			
	Размеры	По профилю, симметрично			
	Bepx [mm]	110,00			
	Лево [mm]	5,00			
	Вырез				
Þ	Задняя накладка				
•	Болты				
	Тип	M16 10.9 B			•
	Верхний ряд [mm]	-40,00; 30,00; 75,00			
	Левый ряд [mm]	-25,00			
	Плоскость среза по резьбе				
	Восприятие сдвига	Смятие - совместное действие раст	яжения/сд	вига	
•	Сварные швы				

Обратите внимание на параметры «Верхний ряд», «Левый ряд», а также на «Размеры». Первое, что стоит отметить – позиции болтов будут отсчитываться по правилам, которые Вы задаёте в свойстве «Размеры» (выпадающий список):

Размеры	По профилю, симметрично	•
Bepx [mm]	По профилю	
	По профилю, симметрично	
Лево [mm]	Прямоугольник	
Вырез	Прямоугольник, симметричный	
Задняя накладка	Круг	

Попробуйте поменять этот параметр и посмотрите, что будет с болтами. Опцией «Круг» лучше пользоваться для узлов с трубами или опорных узлов.

Второе, на что нужно обратить внимание – сейчас размеры задаются через точку с запятой, то есть, в нашем случае все болты располагаются симметрично относительно профиля – двутавра «С».

Рассмотрим параметр «Верхний ряд». Значение «-40» говорит о том, что первый ряд болтов по вертикали будет расположен на расстоянии 40 мм от внешнего контура профиля. Смотрите сами – внутри контура сечения сверху и снизу расположено по одному ряду болтов. Размеры «30» и «75» соответствуют наружным болтам. Три заданных размера соответствуют 6 рядам болтов – расположение-то симметричное. «Левый ряд» отвечает за смещение болтов в группе по горизонтали – сейчас они расположены на 25 мм от контура сечения (внутри, потому что с минусом).

Уберём все точки с запятыми после «40» и удалим размер «30» и посмотрим, что произойдёт (см. рисунок ниже):

192102, Санкт-Петербург, улица Фучика, д. 4, лит. «К» Группа в Телеграм: Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

ИЛ-ИНФОРМАТИКА

	Объёмный вид Прозрачный	вид Каркасный вид	EP1	[Торцевая пластина]	Редактор Скоп	ировать Удалить
481,000,000		 Дрядстви вид Элементы ✓ <u>С</u> ✓ В Загружения ✓ LE1 Операции ✓ EP1 ✓ STIFF1 ✓ WID1 	• •	Торцевая пластина Элемент 1 Элемент 2 Крепится к Материал Толщина [mm] Тип соединения Размеры Верх [mm] Лево [mm] Вырез Задняя накладка Болты Тип Верхний ряд [mm] Левый ряд [mm] Плоскость среза по резьбе Восприятие сдвига Сварные швы	В Не определён С < по умолч > 12,0 Болтовое По профилю, симметрично 110,00 5,00 М16 10.9 В -40,00 75,00 -25,00 Смятие - совместное действие растяжения/сдвига	

Не будем останавливаться на этом и введём в строку «Верхний ряд» эти числа: «-95,00 60,00*3»:





Вроде разобрались. Но советуем также посмотреть, как задаётся круговое расположение болтов. Не ленитесь.

Ключевые слова: преднапряжённые болты, высокопрочные болты, обычные болты, размещение болтов, позиции болтов, положение болтов, одноболтовое соединение.

6.3.3 Любимый вопрос пользователей

«Поперечная сила приложена вниз, а балка перемещается вверх! Почему?»

Это, безусловно, самый любимый вопрос наших пользователей. Если Вы тоже столкнулись с ним, то не стоит думать, что программа «считает неправильно». Двайте разберёмся, почему так происходит. Ведь должно же быть этому какое-то объяснение.

Место приложения усилий

Рассмотрим простой пример – шарнирный узел крепления балки к колонне. Обратимся к свойствам элемента, к которому приложена нагрузка.



В разделе Модель – Приложение сил имеется три варианта приложения нагрузок к элементу:

- В узле
- В ЦТ болтового соединения
- В указанной позиции

Переключимся на Каркасный вид и зайдём в загружения.

192102, Санкт-Петербург, улица Фучика, д. 4, лит. «К» Группа в Телеграм: Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Здесь мы видим, что к элементу **«В»** приложена только поперечная сила **Vz = -20 кН** (действует сверху вниз). При этом в главном окне отображается эпюра изгибающих моментов для элемента **«В»**.

Попробуем поменять параметр «Приложение сил» последовательно на «Узел», «Болты» и «Позиция» (к примеру, 300 мм) и посмотрим, как будет меняться при этом эпюра изгибающих моментов.



Деформированные схемы для всех трёх вариантов также будут отличаться. Более подробно ознакомиться с этим вопросом можно в п. 3.4 [1].



Ключевые слова: приложение сил, эпюра, шарнирный узел, усилия в болтах, точка приложения усилий.



6.3.4 «Подвисания» при вращении модели

Если при вращении модели программа начинает «подвисать», попробуйте выполнить следующее:

1. Скрыть из вида метки элементов, пластин и обозначения локальных систем координат, отключив соответствующие кнопки на ленте «Конструирование»:

//=/=== StatiCa* CONNECTION								
Celculete yesterdsy's estimates Глав	ная Конст	руирование	Проверка	Отчёт	Материалы			
СОN3 - СО РК Добавить Скопировать	🖛 Отменить 🕋 Повторить	- П Элементы Пл	Пастины ЛСК	Добавить Галерея	Грименить Создать Редактор			
Узлы проекта	📙 Сохранить Данные	Me	етки	Рисунки	Шаблоны			

2. Установить настройки 3D вида (вкладка «Главная» → «Настройки») на минимум, отключив все флаговые индикаторы:

Настройки ЗD графики

Настройки 3D вида

Варианты настройки 3D-презентации. Эти опции могут настроить производительность.

Использование аппаратного ускорен

Сглаживание
Уровень сглаживания

x16

Показать тени

Дополнительную информацию по управлению 3D видом можно найти в п. 2 [2].

Ключевые слова: настройки графики, сглаживание, annapamное ускорение, тени, настройки 3D, графика.

6.3.5 Не выполняется расчёт

Ошибка генератора сетки. Плохая топология в...

Эта ошибка довольно часто возникает при импорте узла из сторонних САD-приложений. Она характерна для круглых пластин, которые зачастую импортируются как многоугольники.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Рисунок 6-2. Пластина выглядит круглой, но на самом деле это многоугольник

При построении сетки КЭ IDEA StatiCa может выдать такую ошибку:

🖸 Расчёт

Ошибка генератора сетки. Плохая топология в Plate 117

В этом случае, чтобы решить проблему, нужно вручную изменить форму пластины, которая не разбивается на КЭ на круглую:

Plate	117 [Пластина	усиления]	Редактор	Скопировать	Удалить
•	Пластина усі	иления			
	Материал	C345			• +
	Толщина [mm]	8,0	/		÷
	Форма	Круг			•
	Радиус [mm] Прямоугольник Круг ЛСК Многоугольник				
	Начало ЛСК	ЛСК			•

При этом будьте внимательны, радиус и начало локальной системы координат пластины, скорее всего, придётся поменять вручную.

Ключевые слова: ошибка генератора сетки, плохая топология, круглая пластина, сетка КЭ, импорт, расчёт не выполнен.

Сингулярность. Что это и как с ней бороться.

Данное предупреждение можно увидеть, когда элементы модели не соединяются друг с другом должным образом. Увидели сообщение о сингулярности в левой верхней части экрана? Не переживайте, это можно исправить.

Расчёт	×	Сингулярность
Пластины	\checkmark	0,0 < 5%
Болты	1	0,0 < 100%

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

Первым делом взгляните на деформированную схему. Проблемные элементы обычно смещаются на 1м относительно исходных позиций. Взгляните на вашу модель. Наверняка в ней не хватает какогонибудь сварного шва или болта.



Рисунок 6-3. Расчёт данного узла выдаёт предупреждение о сингулярности – отсутствует сварной шов между наккладкой и полкой колонны.

Об этой проблеме также можно почитать в п. 3.11 [1].

Ключевые слова: сингулярность, расчёт не выполнен, сетка КЭ, деформированная схема.

Процент приложенной нагрузки пропорционально уменьшается

В некоторых случаях при выполнении расчёта можно наблюдать следующее:



Процент прикладываемой нагрузки постепенно уменьшается до 0, после чего IDEA StatiCa останавливает расчёт и показывает предупреждение:



Чем же это вызвано?

В некоторых случаях программа не может найти решение задачи. Почему? Ей просто не хватает количества итераций, которое используется по умолчанию (25 итераций). Увеличьте это число в настройках норм и расчётов (к примеру, до 40) и попробуйте снова.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА

Настройки норм проектирования и расчётов — 🛛 🗖							
►	Расчёт и проверка						
•	Коэффициенты надёжности						
•	Бетонный блок						
•	Параметры проверок						
•	Модель и сетка КЭ						
	Длина стандартного элемента по умолчанию [h]	1,5					
	Длина элемента полого сечения по умолчанию [h]	2					
	Кол-во сегментов для наиб. круглой трубы	64					
	Разбивка дуг для прямоугольных труб	3					
	Кол-во эл-ов самой(го) большой(го) стенки (полки)	8					
	Кол-во эл-ов для наиб. стенки прямоугольной трубы	16					
	Кол-во итераций расчёта	40					
	Кол-во расходящихся итераций	3					
	10						
	50						
Раз	вернуть Свернуть Сбросить Сохранить ОК	Отмена					

Проблема не решилась? Попробуйте увеличить это число до 50. Если по-прежнему ничего не выходит, отправьте модель нам по почте. Мы что-нибудь придумаем. Контакты в верхней части страницы.

Ключевые слова: расчёт не выполнен, итерации, количество итераций расчёта, нагрузка уменьшается.

6.3.6 Как поменять палитру графического интерфейса

Очень просто. Заходите во вкладку «Главная», а затем в «Настройки». А дальше выбирайте цвета, какие Вам по душе. После изменения настроек не забудьте нажать на кнопку «Применить» в нижней части экрана настроек.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



/=== StatiCa	* CONNECTION	
Calculata yestarday's estimatas		
<	Параметры приложения	
Добавить	Язык Русский 🔻	
Открыть		
Сохранить	20 NP-INFORMATICA Логотип компании Логотип по уг	молчанию
Сохранить как		
Информация	🔨 Цвета	
О программе	Цвета	
Ед. изм.	Элемент	Цвет
Настройки	Подложка - верх	
- maciponiai	Подложка - низ	
Лицензии	Элементы	
Закрыть	Пластины	
Выход	Болты	
	Сварные швы	
	Бетон	
	Выбранный элемент	
	Опоры	
	Нагрузки	
	🌏 По умолч.	
	Настройки 3D вида	
	Варианты настройки 3D-презентации. Эти опции могут наст	гроить производительность.
	Использование аппаратного ускорения	
	🗸 Сглаживание	\mathbf{X}
	Уровень сглаживания	\mathbf{X}
	x16 🔻	$\langle \rangle$
	Показать тени	*
		Применить

Ключевые слова: настройки, палитра, цвета.

6.4 Как строится расчётная модель узла?

Приятно видеть, что Вы задаётесь такими интересными вопросами. Попробуем кратко рассказать, что здесь к чему, чтобы сильно Вас не утомлять. Будем считать, что модель мы создаём с нуля, не используя встроенных шаблонов.

Создание расчётной модели можно условно разделить на три части:

- 1. Создание элементов
- 2. Задание нагрузок
- 3. Конструирование

В картинках процесс создания узла выглядит так:

192102, Санкт-Петербург, улица Фучика, д. 4, лит. «К» Группа в Телеграм:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>

🚺 НИП-ИНФОРМАТИКА



Рисунок 6-4. Создание топологии узла – задание нагрузок - конструирование

Почему на третьем рисунке элементы стали длиннее? Не торопитесь, об этом подробно говорится в разделе <u>Граничные условия, связи и опорный элемент</u>. А пока разберём каждый из этапов чуть подробнее.

6.4.1 Создание элементов

Тут всё предельно просто – мы создаём элементы, которые сходятся в узле: балки, распорки, подкосы, колонны и т.д. Каждый элемент имеет определённый набор свойств – сечение, материал, направляющие углы для задания ориентации в пространстве и др. На данном этапе задаётся *monoлогия узла* (см. первую картинку на рисунке 6-3).

6.4.2 Задание нагрузок

После того, как топология узла задана, к элементам прикладываются нагрузки – либо в упрощённом, либо в стандартном режиме (обязательно прочтите раздел о <u>равновесии нагрузок</u>). Все нагрузки прикладываются к концам элементов. Если элементов много – можно воспользоваться <u>функцией импорта</u> <u>усилий</u>. По завершению модель узла будет выглядеть так, как показано на второй картинке рисунка 6-3).

6.4.3 Конструирование

Отличительной особенностью IDEA StatiCa является то, что для получения нужной конструкции узла Вам не приходится строить конечно-элементную модель вручную, Вы работаете с привычными объектами – балками, колоннами, пластинами, рёбрами жёсткости, болтами и т.д. Узел создаётся с помощью так называемых **монтажных операций**. Под монтажной операцией подразумеваются действия



или объекты, с помощью которых происходит конструирование узла – различные подрезки, сварные швы, болты, анкера, рёбра жёсткости и т.д. Смотрите сами – вон их сколько:



Рисунок 6-5. Монтажные операции

Такой подход очень удобен, и самое главное, понятен пользователю, так как максимально приближен к реальности. Вы уже задали нужные монтажные операции? Считайте, что расчётная модель готова (третья картинка на рисунке 6-3). Дальше останется только произвести расчёт. Как построить сетку конечных элементов? Просто нажмите на Расчёт, и она будет сгенерирована автоматически.

Для создания модели узла можно также воспользоваться быстрыми шаблонами монтажных операций. Если хотите поменять размер сетки - Настройки сетки КЭ можно задать в настройках норм и расчётов. Если Этой информации Вам оказалось недостаточно – переходите к следующим пунктам. Поговорим о граничных условиях и геометрических типах элементов.

Ключевые слова: монтажные операции, конструирование, расчётная модель, создание узла.



6.4.4 Граничные условия, связи и опорный элемент

Если Вам не охота читать этот раздел, а разобраться в этом вопросе всё-таки хочется, посмотрите наш вебинар, посвящённый ответам на часто задаваемые вопросы пользователей.

А тем, кто всё-таки решил прочесть материал, попробуем разъяснить основные моменты чуть подробнее.

В процессе решения задачи компонентным методом конечных элементов строится матрица жёсткости системы, в которой учитываются материалы элементов и пластин, класс болтов и параметры сварки. Для решения задачи (получения изополей напряжений, деформированной схемы, усилий в болтах и сварке), должны быть заданы граничные условия, то есть, перемещения определённых частей схемы должны быть известны.

Опорный элемент

В IDEA StatiCa граничные условия задаются на торце(ах) опорного элемента. Под опорным элементом будем понимать тот элемент расчётной схемы, который выполняет основную несущую функцию и испытывает меньшие деформации по сравнению с другими элементами. Остальные элементы, сходящиеся в узле, будем называть присоединяемыми. К примеру, если мы рассмотрим рамный узел, то опорным элементом здесь будет именно колонна (выделена другим цветом на рисунке 6-6). Тип закрепления опорного элемента зависит от режима задания нагрузок. Ознакомьтесь с этим разделом, пожалуйста, не ленитесь.

Связи и тип расчётной модели элемента

Обратите внимание на рисунок ниже. Видите красные значки по концам каждого элемента? Это закрепления, или связи, ограничивающие перемещения элементов. Зачем их использовать? Модель узла должна соответствовать расчётной схеме конструкции. Если Вы рассчитываете узел плоской рамы, то перемещения из плоскости учитывать не следует, так как это не будет соответствовать расчётной схеме рамы – усилия в её элементах вычисляются в предположении, что перемещения элементов (балок, колонн) из плоскости равны нулю. Поэтому к этим элементам в IDEA StatiCa прикладываются связи, запрещающие такие перемещения.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**







Рисунок 6-6. Закрепления элементов

Типы этих связей (если угодно, степени свободы) задаются в свойствах каждого элемента. Ищите параметр «Расчётная модель». К примеру, модель балки плоской рамы – N-Vz-My, связевого элемента – N-Vy-Vz.

•	Модель			•	Модель		
	Расчётная модель	N-Vz-My	•		Расчётная модель	N-Vy-Vz	•
	Приложение сил	Узел	•		Приложение сил	Узел	•

Более подробно этот вопрос разобран на нашем вебинаре.

Полезную информацию также можно найти в [1].

Размеры расчётной области

Размеры расчётной области назначаются в соответствии с принципом Сен-Венана. Не ждали? Придётся вспомнить сопромат, а именно формулировку самого принципа: «Уравновешенная система сил, при-



ложенная к некоторой части твёрдого тела, вызывает в нём появление неравномерности распределения напряжений, которая быстро уменьшается по мере удаления от этой части». Давайте разберёмся, как это используется в IDEA StatiCa.

Скорее заходите в настройки норм и расчётов. Сейчас нас интересуют следующие параметры:

Настройки норм проектирования и расчётов —	□ ×					
Расчёт и проверка						
Бетонный блок						
Коэф-ты условий работы ү						
 Параметры проверок 						
▼ Модель и сетка КЭ						
Длина стандартного элемента по умолчанию [h]	1,5					
Длина элемента полого сечения по умолчанию [h]	2					
Кол-во сегментов для наиб. круглой трубы	64					
Разбивка дуг для прямоугольных труб	3					
Кол-во эл-ов самой(го) большой(го) стенки (полки)	20					
Кол-во эл-ов для наиб. стенки прямоугольной трубы	16					
Кол-во итераций расчёта	25					
Кол-во расходящихся итераций	3					
Минимальный размер КЭ [mm] 10,00						
Максимальный размер КЭ [mm] 50,00						
Развернуть Свернуть Сбросить Сохранить ОК	Отмена					

Рисунок 6-7. Настройки размеров расчётной области

Уже догадались, что это такое? Это как раз то расстояние из принципа Сен-Венана в долях от наибольшего размера сечения элемента. Рекомендуем не менять эти параметры – их значения были подобраны таким образом, чтобы способ приложения нагрузок на концах элементов не влиял на напряжённодеформированное состояние узла. Посмотрим, как это работает.

К примеру, число 2,0 для элемента полого сечения (рисунок 6-6) значит, что он будет продлён от его последней монтажной операции (на рисунках ниже это сварной шов между трубой и крышкой) ещё на две высоты сечения, прежде чем к нему будут приложены нагрузки. Взгляните на рисунки ниже:

Телефон:(812) 321-00-55 IDEA StatiCa Russia



Настр	ройки норм проектирования и расчётов —	□ ×	
Þ	Расчёт и проверка		
Þ	Бетонный блок		
Þ	Коэф-ты условий работы ү		
•	Параметры проверок		
•	Модель и сетка КЭ		
	Длина стандартного элемента по умолчанию [h]	1,5	
	Длина элемента полого сечения по умолчанию [h]	1]
	Кол-во сегментов для наиб. круглой трубы	64	Ī
	Разбивка дуг для прямоугольных труб	3	
	Кол-во эл-ов самой(го) большой(го) стенки (полки)	20	
	Кол-во эл-ов для наиб. стенки прямоугольной трубы	16	
	Кол-во итераций расчёта	25	
	Кол-во расходящихся итераций	3	
	Минимальный размер КЭ [mm]	10,00	
	Максимальный размер КЭ [mm]	50,00	
Раз	вернуть Свернуть Сбросить Сохранить ОК	Отмена	



Настройки норм проектирования и расчётов 🛛 — 🗖 🗙				
	Расчёт и проверка			
	Бетонный блок			
	Коэф-ты условий работы ү			
	Параметры проверок			
•	Модель и сетка КЭ			
	Длина стандартного элемента по умолчанию [h]	1,5		
	Длина элемента полого сечения по умолчанию [h]	2		
	Кол-во сегментов для наиб. круглой трубы	64		
	Разбивка дуг для прямоугольных труб	3		
	Кол-во эл-ов самой(го) большой(го) стенки (полки)	20		
	Кол-во эл-ов для наиб. стенки прямоугольной трубы	16		
	Кол-во итераций расчёта	25		
	Кол-во расходящихся итераций	3		
	Минимальный размер КЭ [mm]	10,00		
	Максимальный размер КЭ [mm]	50,00		
Раз	вернуть Свернуть Сбросить Сохранить ОК	Отме	ена	



192102, Санкт-Петербург, улица Фучика, д. 4, лит. «К» Группа в Телеграм:

Телефон:(812) 321-00-55 Email: <u>idea@nipinfor.ru</u> <u>IDEA StatiCa Russia</u>





Рисунок 6-8. Зависимость длины трубы от настроек

Аналогично это работает и со стандартными элементами (открытого профиля). Если у Вас хороший глазомер, то Вы наверняка уже приметили, что от ребра жёсткости балки до её правого конца ровно 1,5 высоты двутавра:



Рисунок 6-9. Свободная длина балки ровно в 1,5 раза больше её высоты



Ещё раз напоминаем, не стоит менять без надобности эти параметры как в большую, так и в меньшую сторону. Уверяем Вас, значений по умолчанию 1,5 и 2,0 вполне достаточно для большинства узлов.

Ключевые слова: граничные условия, опорный элемент, связи, расчётная модель элемента, закрепления, принцип Сен-Венана, длина элемента, размеры расчётной области.

6.4.5 Равновесие нагрузок

Наверняка Вы замечали такую кнопку на ленте вкладки «Конструирование».



Зачем она нужна? Когда её включать, а когда можно обойтись без неё? Посмотрите на рисунок ниже. Сравните левую и правую картинки.



Рисунок 6-10. Упрощённый и расширенный режим задания нагрузок

Видите различия? На левой картинке колонна закрепляется с двух концов, а на правой – с одного. Помимо в первом случае усилий на концах нет, а во втором - есть. Именно поэтому упрощённый режим (слева на рисунке 6-6) используется преимущественно для оценки отдельных соединений узла – болтов, сварных швов и др. На коэффициенты их использования практически не влияют усилия, приложенные к опорному элементу. Кнопку равновесия нагрузок в этом случае можно не включать.



Другое дело, когда требуется оценить работоспособность всего узла целиком - тогда, конечно же, эта опция должна быть активна.



И ещё раз повторимся, чтобы Вы точно запомнили разницу:

- В упрощённом режиме (опция «Равновесие нагрузок» отключена) нагрузки можно приложить ко всем элементам, кроме опорного, который закрепляется с двух концов. Режим используется для оценки коэффициентов использования соединений узла – болтовых, сварных, фрикционных и т.д.
- В расширенном режиме (опция «Равновесие нагрузок» включена) нагрузки можно приложить ко всем элементам, включая опорный, который закрепляется только с одной стороны. Режим используется для оценки НДС всего узла целиком – коэффициентов использования всех компонентов узла: пластин, болтов, сварных швов и т.д.

Ключевые слова: нагрузки, равновесие нагрузок, упрощённый режим.

6.4.6 Сетка конечных элементов

Как уже говорилось, построение сетки конечных элементов происходит автоматически. Её размер зависит от следующих параметров:

Настр	ройки норм проектирования и расчётов —		×	
•	Расчёт и проверка			
•	Бетонный блок			
•	Коэф-ты условий работы ү			
•	Параметры проверок			
•	Модель и сетка КЭ			
	Длина стандартного элемента по умолчанию [h]	1,5		
	Длина элемента полого сечения по умолчанию [h]	2		
	Кол-во сегментов для наиб. круглой трубы	64		
	Разбивка дуг для прямоугольных труб	3		
	Кол-во эл-ов самой(го) большой(го) стенки (полки)	8		
	Кол-во эл-ов для наиб. стенки прямоугольной трубы	16		
	Кол-во итераций расчёта	25		
	Кол-во расходящихся итераций	3		
	Минимальный размер КЭ [mm]	10		
	Максимальный размер КЭ [mm]	50		
Развернуть Свернуть Сбросить Сохранить ОК Отмена				

Рисунок 6-11. Настройки сетки КЭ по умолчанию

Значения, которые программа использует по умолчанию (указаны на рисунке выше), были получены экспериментально в процессе выполнения большого числа верификационных расчётов (см. п. 2.2.2) [1]). Эти значения обеспечивают достаточную точность и сходимость результатов. Если же Вас всё-таки не устраивает сетка конечных элементов, которую строит IDEA StatiCa, вы можете изменить эти параметры в настройках норм и расчётов. Однако помните, что это прямым образом может сказаться на точности расчёта и результатах проверок, не говоря уже о длительности самого расчёта.

Ключевые слова: сетка КЭ, МКЭ, размер конечных элементов, разбивка дуг, настройки норм и расчётов, сходимость расчёта.

6.4.7 Режимы расчёта узлов

В IDEA StatiCa имеется 4 различных режима для расчёта узлов стальных конструкций:

Расчёт прочности (и устойчивости) – режим «EPS» (п. 3.5 [1]). •

Предназначен для оценки НДС узла и его отдельных компонентов, а также для расчёта его на устойчивость. Один из элементов назначается Опорным (в расчётной модели он будет закреплён с одного или двух концов), а все остальные элементы крепятся к нему.

Расчёт жёсткости прикрепления – режим «ST» (п. 3.6 [1]) Предназначен для определения жёсткости прикрепления отдельных элементов узла. На жёсткость прикрепления отдельного элемента не влияет жёсткость других, только способ присоединения этого элемента к узлу. При расчёте жёсткости закрепляются все элементы, кроме расчётного. По результатам расчёта строится график жёсткости.

Телефон:(812) 321-00-55 **IDEA StatiCa Russia**



Расчёт с учётом образования пластического шарнира – режим «CD» (п. 3.7 [1]). •

Предназначен для расчёта узла на действие предельного момента, который может быть воспринят присоединяемым элементом – назначаются зоны пластических деформаций и локальных разрушений. Режим может использоваться для:

- Расчётов узлов конструкций, расположенных в сейсмически опасных регионах
- Расчётов на прогрессирующее обрушение
- Расчётное сопротивление узла режим «DR» (п. 3.7 [1]). •

Даёт возможность определить резервы несущей способности узла. В процессе расчёта все заданные нагрузки увеличиваются пропорционально. После в ходе расчёта определяется коэффициент отношения предельной нагрузки к заданной, после чего строится наглядный график.

Ключевые слова: режимы расчёта, расчёт прочности, расчёт жёсткости, расчётное сопротивление, пластический шарнир, сейсмика.

7 Полезные ресурсы

- 1. IDEA StatiCa Connection. Теоретические основы Материал доступен на сайте разработчика. Русскоязычная версия входит в комплект поставки коммерческих лицензий.
- 2. IDEA StatiCa Connection. Руководство пользователя Материалы частично можно найти на сайте разработчика. Русскоязычная версия входит в комплект поставки коммерческих лицензий.
- 3. Официальный сайт разработчика IDEA StatiCa, раздел ресурсов
- 4. Записи вебинаров на русском языке
- 5. Статья Расчёт узлов стальных конструкций компонентным методом конечных элементов
- 6. Статья IDEA StatiCa в рабочем BIM процессе
- 7. Группа в Телеграм: IDEA StatiCa Russia