# Вспомогательные материалы

Этот раздел включает материалы, которые входят в состав источников Книги, но не представлены, как другие, в интернете.

Здесь приведены интернет-варианты следующих Источников [15; p17].

- 10. КТ пространственно-стержневая система (сокращённый перевод с английского).
- 51. <u>Программа N\_2015 Расчет и оптимизация трубчатых структурных каркасов.</u> <u>Часть 1. Инструкция пользователя.</u>
- 52. <u>Программа N\_2015 Расчет и оптимизация трубчатых структурных каркасов.</u> <u>Часть 2. Описание программного обеспечения.</u>

#### 146. КТ пространственно-стержневая система

К. IMAI, Т. MORITA и Y. YAMAOKA, Kawatctsu Steel Products Corporation, Япония, К. WAKIYAMA, университет Осаки, Япония, и S. TSUJIOKA, Технологический институт Фукуи, Япония

РЕЗЮМЕ. Пространственная система соединений КТ была официально одобрена японским Министерством Строительства в 1989, использована более чем в 90 объектов в Японии и запатентована во многих странах мира. Система разработана для восприятия серьезных нагрузок и неблагоприятных воздействий окружающей среды. Каркас Системы КТ состоит из

- массивных сферических узловых элементов,
- полых трубчатых стержней,
- стержней сплошного сечения,
- стержней из сдвоенных труб и
- специально разработанных соединительных комплектов.

# СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ И ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

1. Система включает четыре типа соединений: КТ-I, КТ-II, КТ-II и КТ-FLD. Все эти типы включают шаровидные узлы. Используются болты М10-75, трубы 27.0-355.6 mm в диаметре, сферические узлы 60-400mm в диаметре. Эти четыре типа полностью совместимы в сборке.

2. Диапазон комбинаций диаметра болта с диаметром стержня в системе показан в Таблице 1.

# <u>Тип КТ-І</u>

3. КТ-I является основным в системе каркасов КТ и может быть экономичным в маленьких, средних и относительно больших структурах. Стержни и узлы имеют хорошее порошковое покрытие при генеральных размерах до 165.2 мм диаметром. Такое покрытие служит более 15 лет даже в уличной окружающей среде.

4. КТ-І состоит из следующих компонентов (см. Рис. 1):

і) сферический коннектор (60 - 300 мм в диаметре).

ii) Высокопрочный болт с шестиугольным выступающим пояском в середине (M10x1.5-M48x3 / допустимая растягивающая статическая нагрузка 23 - 591kN). Шестиугольный поясок передает вращающий момент от шестигранной муфты к болту.

ііі) Полые муфты ввинчены по левой резьбе в отверстия конусов по концам трубчатого стержня. Резьбовой конец каждого болта вставлен во втулку, и затем анкерная гайка навинчена на резьбу болта.

iv) Анкерные гайки имеют левую резьбу.

v) Шестиугольная муфта установлена между узловым элементом и торцом трубчатого корпуса стержня. Муфты воспринимают сжимающие усилия и передают вращающий момент к болтам через внутренние шестиугольные пояски болта.

vi) Пружина выдвигает резьбовой конец болта к узлу во время сборки структуры.

vii) Полые трубчатые стержни 27.2 - 216.3 мм в диаметре, длиной до 8 метров (допустимое растягивающее статическое усилие 22 - 591kN, допустимая сжимающая нагрузка 24 - 815kN).

CH S Buit	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M848	M56	M65	M75
\$ 27.2	Ó				1	V.		1		1	1	1
pl 34.0	0	0								KT-L	& line)	1111
\$ 42.7	0	0							1			
∳ 48.6		0	0								1	
\$ 50.5		0	0	0								
₫ 76.3			0	0	0	1		1				1
<i>∳</i> 89.1			0	0	0			1				
\$ 101.6	-			0	0	0						
¢114.3				0	0	0			1			1
≱ 139.8					0	0	0			1		
¢ 165.2						0	0	0		1	NT-II	
<b>#216.3</b>							0	0	0	1	11	
\$ 257 4								0	0	0	1	
\$318.5							_		0	0	0	
# 355.6				-		1				0	0	0

Table 1. The range of the KT truss system.

5. Крепежный агрегат (болт, втулка, анкеная гайка, шестигранная муфта) показан на Рис. 2. Крепежный агрегат и трубчатый корпус изготовлены отдельно. После завершения процесса поверхностной обработки крепежный агрегат устанавливают в трубчатый корпус. В процессе порошкового покрытия у корпуса есть отверстия по концам. В процессе монтажа крепежного агрегата втулка вклеивается в резьбовое отверстие корпуса, чтобы удерживать ее в правильном положении.

6. Во время сборки структуры выдвинутый резьбовой конец болта погружается в

шестиугранную муфту, а затем ее вращением ввинчивается в крепежное отверстие узлового элемента. Наживлению болтов в отверстии узлового элемента помогает подпружинивающее устройство.

7. Сборка структуры упрощена, т.к. предполагается, что точно заданное расстояние между смежными узлами обеспечивает правильную геометрию всего каркаса в целом. Этот механизм решительно упрощает демонтирование, когда это необходимо.

8. Известные системы не могут быть собраны в этой манере вследствие того, что болт должен немного выталкиваться из муфты, чтобы быть ввернутым в отверстие узла.

#### Характерные особенности КТ-І.

9. Некоторые из характерных особенностей:

i) Высока надежность болта при статической и циклической погрузке потому, что при затяжке может быть применен значительно более высокий вращающий момент. В результате высокое предварительное натяжение значительно улучшает усталостные характеристики сопряжения. Другое преимущество сильной затяжки состоит в том, что на стройплощадке эффективно проверяются все болты; если у болтов будут какие-либо серьезные дефекты, такие как микротрещины, вызванные процессом термообработки, то болт разрушится при низкой растягивающей силе.

ii) Допуск на длину стержня очень мал (меньше чем 0.1-0.2 мм) независимо от его длины. Из-за этих строгих допусков распределение напряжений в структуре хорошо соответствует результатам расчетов. В результате технические требования по усталости могут быть применены и деформации элемента могут быть оценены точно.

iii) Исключительное сопротивление коррозии достигнуто, потому что нет никаких промежутков или отверстий во внутреннюю часть стыка и трубчатого корпуса. Кроме того, высокая сила затяжки эффективно предотвращает даже незначительные неплотности в поверхности стыка.

iv) Все стержневые элементы легко собираются и замененяются при помощи устройства подпружинивания. Чистая (мелкая) резьба используется для больших болтов (М30-48), чтобы уменьшить заключительный требуемый момент затяжки.

10. Некоторые типичные примеры стыков КТ-1 показаны на Рис. 1.



Fig. 1(a). Composition of KT-I Series.



Fig. 1(b). Composition of KT-I (rev.) Series.



Fig. 2. Assemblage of KT-I (Left:KT-I, Right:KT-Irev),

# <u>Тип КТ-II</u>

11. КТ-II является, обычно, подходящим для больших структур с крупными элементами, которые превышают область применения порошкового процесса покрытия. КТ-II имеет намного более простой механизм присоединения, чем КТ-I.

- 12. КТ-ІІ состоит на следующих компонентов (см. Фиг. 7):
- і) Сферический коннектор (155 400мм в диаметре).
- высокопрочный болт с шестигранным пояском и выдвигающей резьбой в середине (M36x3-M75x4; допустимая растягивающая статическая нагрузка 336 -1395 kN.). Шестиугольный поясок передает момент от шестиугольной муфты к болту. Резьба выталкивания сопрягается с резьбой конуса, выдвигает болт к отверстию узла.
- ііі) Анкерная гайка такая же, как в КТ-І.
- iv) Шестигранная муфта та же самая, что в КТ-І.

v) Полые трубчатые корпуса, 139.8-355.6 мм в диаметре длиной до 10 метров (допустимое растягивающаее усилие 528 – 1591 kN, допустимое сжимающее усилие 576-1735 kN).

13. Труба приварена к коническому наконечнику после присоединения к нему болта, анкерной гайки и шестигранной муфты. После этого элемент окрашен.

14. Пространственный каркас собирается так же, как КТ - I (rev) при помощи резьбового выдвигающего устройства для болта.

#### Характерные особенности КТ-ІІ

15. У КТ-II есть те же самые характерные особенности, как и у КТ- I. Дополнительно КТ-II более экономичен для крупных элементов, потому что не требует использования порошкового покрытия и имеет намного более простой механизм присоединения, чем КТ-I.



Fig. 7. KT-II Joint.

# <u>Тип KT-III</u>

16. КТ-III разработан, чтобы соединять сильно растянутые элементы компактного, например, сплошного круглого сечения или из толстостеной бесшовной трубы с большой площадью поперечного сечения. Болты ввинчены в элемент непосредственно. Часто КТ-III используется в комбинации с КТ - I (см. Рис. 9), который применен для элементов с относительно низким напряжением.

- 17. КТ-III состоит из следующих компонентов (см. Рис. 8):
- i) Сферический коннектор (155 400mm в диаметре).
- ii) Высокопрпочный болт с шестиугольным пояском между двумя резьбами (M48x3-M75x4 / допустимое усилие статического растяжения 591-1395 kN). У болта есть правая резьба со стороны узла и левая резьба со стороны корпуса. Болт действует как талреп. Левая резьба ввинчена в корпус непосредственно. Чтобы минимизировать потерю площади поперечного сечения применяется болт типа 2. У болта есть две резьбы различного диаметра на конце корпуса. Расчетные сечения изменяются от линии (а) к линии (b), соответствующая, несущая способность болта 2 больше, чем болта 1.
- ііі) Шестигранная муфта аналогична муфтам в сериях КТ-І и ІІ.
- iv) Корпус-деталь квадратного или круглого сплошного сечения или толстостенная бесшовная труба.



Fig. 8. Composition of KT-III.

18. Пример процесса сборки показан на Рис. 10. Болт КТ-III выступает от торца шестигранной муфты на расстояние двойной длины свинчивания с резьбой коннектора. Из-за этого выступа целая структура вообще. не может быть собрана только из элементов КТ-III. Проблема решается комбинированием измененных элементов КТ-I, которые позволяют добиться правильного заключительного положения узлов.

Рис. 10 показывает пример сборки каркаса при использовании КТ-I и КТ- III стержневых элеменетов.

#### Характерные особенности КТ- III

19. Существенная особенность - то, что КТ-III соединяет компактный стержень с минимальной потерей поперечного сечения. КТ-III имеет те же самые характерные особенности, что КТ-II.



Fig. 9. Modified KT-I in assembling with KT-III.





Fig. 10. Assemblage of KT-III.

# <u>Тип.KT-FLD</u>

20. KT-FLD разработан, чтобы поглотить энергию за пределами упругости элементов. Тип FLD с двойной трубой применяется с этой целью. Стык тот же что в KT-I или II. Элемент FLD состоит из следующих компонентов:

1) Внешняя труба противостоит осевому напряжению и имеет трубы усиления по обоим концам. Труба усиления ограничивает поворот концов элемента во взаимодействии с внутренней трубой, когда внешняя труба становится пластичной.

2) Внутренняя труба ограничивает прогиб внешней трубы. Промежуток (g), который допускает осевое движение внутренней трубы, вызванное пластической деформацией внешней трубы, расположен между концом внутренней трубы и внутренней поверхностью конического наконечника. Внутренняя и внешняя труба связаны сварным швом в середине элеменета. Промежуток (g) определен так, чтобы обеспечить необходимую осевую пластическую деформацию стержневого элемента.



Fig. 13. Composition of KT-FLD

#### Характерные особенности KT-FLD. (force limiting devices устройства, ограничивающие силу).

21. Существенная особенность в том, что элемент KT-FLD может нести осевую силу за пределом упругости без потери устойчивости, в результате экстраординарно большая осевая пластическая деформация может быть получена без уменьшения осевого напряжения.

#### REFERENCES

- 1. IMAI K., WAKIYAMA K., TSUJIOKA.S, YAMADA Y. Proposing a new joint system (KTsystem) of space frame with threaded spherical nodes and it's fatigue characteristics. IASS MADRID, 1989.
- 2. MENGERINGHAUSEN M. Raumfachwerke aus Staben und Knotcn. BAUVERLAG GMBH, Wiesbaden und Berlin, 1975.

# Программа N\_2015 Расчет и оптимизация трубчатых структурных каркасов

#### Часть 1. Инструкция пользователя.

#### 1. Область применения программы. Решаемые задачи.

1.1. В отечественной практике структурными конструкциями называют пространственные фермы, собираемые на строительной площадке из однотипных трубчатых стержней и шаровидных узловых элементов.

В мире наиболее известны "структуры" фирмы Mero ( ныне MERO-TSK, <u>www.mero-tsk.de</u> ). В настоящее время каркасы «Mero» используются только в строительстве уникальных, престижных объектов, где цена конструкций не относится к важнейшим факторам.

Отечественные структурные конструкции типа "Кисловодск", производимые, в частности, ЗАО «Завод металлоконструкций» в г. Кисловодск (<u>www.zaozmk.narod.ru</u>), представляют собой упрощенную модификацию "Mero". Они предназначены, преимущественно, для использования в объектах массового строительства, где их экономические показатели имеют первостепенное значение.

Программа N\_2015 разработана с учетом перспективных технических и технологических решений, которые намечены на сайте <u>http://www.fen-net.de/valeria.sokolova/</u> в разделе 14 «ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ КАРКАС XXI».

1.2. Программа решает задачи статического расчета и оптимизации несущих структурных каркасов типа «Кисловодск», производимых в России и предназначенных для покрытия зданий. Каркасы имеют (по умолчанию) следующие характеристики:

- сторона квадратной или треугольной ячейки (модуль) l = 3000 мм;
- в прямоугольном блоке раскосы при длине d = l наклонены к плоскости поясной сетки под углом  $\alpha = 45^{\circ}$ ;
- высота прямоугольного блока в осях *h* = 2121.3 мм;
- количество стержней в блоке не должно превышать 10 000;
- количество узлов в блоке не должно превышать 3 000;
- блок покрытия может быть плоским или полигональным в разрезе;
- все узловые элементы однотипны, имеют граненую или сферическую поверхность и радиальные крепежные отверстия от M22 до M48;
- все типовые стержневые элементы структуры имеют трубчатое сечение с наружным диаметром от 48 до 133мм и толщиной стенки от 2 до 8мм.

1.3. В процессе расчета и оптимизации номенклатура стержневых элементов может быть дополнена типовыми и нетиповыми марками произвольной длины и сечения.

Параметры *l*, *h*, *d*, *a* могут быть изменены в процессе расчета каркаса.

В случае необходимости допустимое количество ячеек в блоке может быть увеличено вдвое или вчетверо путем учета симметрии конструкции.

#### 2. Загрузка программы в среду Автокад на компьютере пользователя.

2.1. Каталог N\_2015 перенести со сменного носителя на жесткий диск.

2.2. Выполнить первоначальную настройку системы AutoCAD, которая подробно описана в файле **N\_2015\_***Часть 2.*docx (каталог N 2015/ папка ДОКСЕРТ).

#### 3. Подготовка исходных данных.

На основе заданной габаритной схемы здания несущий каркас покрытия следует представить в виде отдельных конструктивно-монтажных блоков или в виде единого блока прямоугольного или треугольного очертания в плане.

3.1. Для каждого прямоугольного блока следует наметить:

- количество ячеек блока покрытия  $n_x \times n_y$ ;
- высоту каркаса *h* (в осях);
- уклон блока покрытия в целом или его участков в полигональной схеме;
- схему расположения опорных связей, в т.ч., в процессе возведения.

Для каждого треугольного блока следует наметить:

- количество ячеек *n* на сторону блока покрытия;
- высоту каркаса *h*;
- уклон блока покрытия в целом или его участков в полигональной схеме;
- схему расположения опорных связей, в т.ч., в процессе возведения.

3.2. Исходя из производственных возможностей, следует выбрать тип стыка элементов и соответствующую исходную таблицу «**Тур\_i**», в которой для каждого j-го типоразмера (марки) стержня приведены:

- размеры и площадь сечения, погонная масса |кг/м|;

- несущая способность при растяжении и сжатии |Тс|;
- изгибная жесткость стыка  $\rho_{ij}$  [кгс × м/рад], необходимая для вычисления несущей способности

стержня при его центральном сжатии по СП16.13330.2011;

- поправки массы  $\Delta_{ij}$  |кг|, необходимые для формирования спецификации.

Каждую такую таблицу следует составить и сохранить в каталоге N\_2015 для каждого типа (i) стыка элементов каркаса, который практически доступен и экономически предпочтителен в массовом строительстве. Размер таблицы «Тур\_i» не ограничен.

3.3. Определить эквивалентную равномерно распределенную расчетную нагрузку на покрытие |Tc/м<sup>2</sup>| и соответствующие узловые нагрузки |Tc|;.

3.4. Составить различные расчетные сочетания узловых нагрузок, в т.ч., монтажные.

#### 4. Открытие нового графического файла.

- открыть файл в Автокаде;
- сохранить пустой файл в каталоге N\_2015, закрыть Автокад;
- открыть вновь созданный пустой файл из каталога N\_2015;
- нажать на кнопку «**N**» в строке меню.

На экране монитора появляется строка выбора панелей управления «...», которые выводят на экран монитора одну из панелей управления, как они представлены здесь:

<u>Панель</u> :	«Исходные»	«Модель»	«Коррекция»	«Документы»
	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	Параметры	Опоры Нагр-ка	μ А- сжатые	<b>А+N</b> все в цвете
	Геом. схема каркаса	Дополн. эл-ты	А-растянутые	А+N чёрн∕бел
	Тип_і; А_перечень	Уклон > Стык	А - присвоить	B P H Bcë
	Значения нагрузок	Расчет >> <b>А+N</b>	А-фиксировать	Перемещения
		Спецификация	Дубль Зазор	Кегль + .
			Убрать цвет	Табл. исходных

Строку выбора панелей и сами эти панели можно переместить в пределах экрана таким образом, чтобы они не мешали выполнению операций по Программе.

#### 5. Операции, выполняемые через панель «Исходные».

Панель «Исходные» содержит клавиши, запускающие формирование, а также сохранение в табличной и графической форме тех исходных данных, которые приняты по п.3 для построения расчетной модели.

5.1. Клавиша **Параметры** открывает таблицу, в которую следует внести значения (принятые по умолчанию) следующих исходных параметров.

Геометрические параметры модели каркаса (по п.1.2,):

- *l*, *d*, *h* |MM|;
- α |°|.

#### Физические характеристики материала:

- объемная масса  $\rho$  [кг/м<sup>3</sup>];
- модуль упругости E |кг/мм<sup>2</sup> (Tc/мм<sup>2</sup>)|.

#### Механические характеристики материала:

- предел текучести  $R_y$  |H/мм<sup>2</sup> (кгс/мм<sup>2</sup>)|.
- временное сопротивление  $R_{u}$  |H/мм<sup>2</sup> (кгс/мм<sup>2</sup>)|.

5.2. Клавиша **Геом. схема каркаса** выводит на экран монитора окно под соответствующим названием, в которое следует вписать (по п.3.1) для прямоугольного блока:

- длину *l* стороны ячейки;
- количество ячеек блока покрытия  $n_x = n_v$ ;
- высоту каркаса *h*;

для треугольного блока:

- длину *l* стороны ячейки;
- количество ячеек n на сторону блока покрытия;
- высоту каркаса *h*.

Нажав в окне клавишу «Начертить заново», получаем на экране 3D изображение структурного каркаса покрытия в плане, которое служит исходной (нулевой) геометрической моделью для построения расчетной модели каркаса блока. Ее габариты и очертания в плане могут быть скорректированы путем удаления элементов каркаса в пределах заданных значений *n*.

Изображение каркаса построено в ортогональной системе координат, начало которой расположено в нижнем левом углу экрана. Ось **X** направлена слева направо, ось **Y** – снизу вверх в плоскости экрана, а ось **Z** перпендикулярна к экрану и направлена к зрителю, т.е. к «земле». Верхняя, раскосная и нижняя решетки каркаса различны по цвету и расположены в трех различных слоях (Layers: **O**\_gurt-белый; **Raskos**-зеленый; **U**\_gurt-желтый).

Первоначально горизонтальные поясные решетки нормальны к оси Z.

Значения h можно изменить в процессе расчета. Для этого необходимо устранить уклоны, введенные по п. 6.4, заново вызвать окно «Геометрическая схема каркаса», изменить в нем значение h на желаемое и нажать клавишу Изменить высоту. Затем, необходимо заново скорректировать подбор сечений сжатых стержней по п. 7.2.

5.3. Клавиша Тур\_і; А\_перечень открывает окно, в котором выполняются следующие операции.

<u>Выбор типа стыка</u> для соединения элементов каркаса из вариантов, принятых по п. 3.2, выполняется в левой части окна с использованием кнопки «Выбор». Результат выбора в виде таблицы «Тур\_i» демонстрируется в левой нижней части окна. Кроме того в левом верхнем углу окна обозначается выбранный вариант «Тур\_i».

Для корректировки содержания этой таблицы следует открыть файл «Тур\_i» в каталоге N\_2015, внести в него необходимые изменения и повторить операцию «Выбор».

<u>Формирование таблицы «А\_перечень</u>», содержащей перечень марок и сечений А, выбираемых из «Тур\_і» для использования в данном каркасе, выполняется в правой части окна.

Для внесения в перечень очередной марки стержня (сечения A) следует кликнуть соответствующую строку в таблице «Тур\_i». Для устранения из перечня какой-либо марки следует отметить курсором соответствующую строку и нажать кнопку «Удалить».

Марки следует располагать в таблице «**A\_перечень**» в порядке возрастания **A.** При этом наружный диаметр **M** резьбы крепежной детали принимается в таблице «Тур\_i» и в таблице «**A\_перечень**» в соответствии с прочностью на растяжение сварного шва между корпусной деталью

и переходными наконечником. Если в технологии изготовления стержней предусмотрено их испытание растягивающей нагрузкой, то в таблицах «Тур\_i» и «А\_перечень» для каждого сечения стержня должны быть представлены значения М и Мэ, где Мэ соответствует растягивающей нагрузке при испытаниях.

Количество строк в таблице «А\_перечень» должно быть не более двадцати. После того, как таблицы «Тур\_і» и «А\_перечень» сформированы и скорректированы, следует нажать кнопку «Сохранить», расположенную под окном.

5.4. Клавиша **Значеия нагрузок** открывает таблицу для включения в нее значений всех нагрузок, прилагаемых к узлам каркаса во всех расчетных сочетаниях по пп.3.3 и 3.4.

Узловые нагрузки задаются в таблице своими проекциями на оси **X**, **Y**, **Z**, в которых строится расчетная модель блока. Каждый номинал нагрузки определяется:

- алгебраическим значением (модулем и знаком), которые указаны в ячейке таблицы;
- столбцом, соответствующим оси X, Y или Z;
- строкой, номер которой соответствует порядковому номеру алгебраического значения нагрузки, в ряду нагрузок, направленных вдоль соответствующей оси.

Количество строк может быть увеличено до девяти кнопкой «+».

После заполнения таблицы или ее корректировки следует нажать кнопку «Сохранить».

#### 6. Операции, выполняемые через панель «Модель».

6.1. Чтобы ввести опорные связи в очередном опорном узле или в группе одинаково опертых узлов, отметьте их курсором и нажмите клавишу **Опоры**. В окно, появившееся на экране, вписаны три нуля, которые обозначают отсутствие в данном узле опорных связей по осям **X**, **Y**, **Z**. Из представленного в окне выбора сочетаний нулей и единиц следует выбрать то, которое соответствует п.3.1, учитывая при этом, что:

- единица означает наличие опорной связи, нуль ее отсутствие;
- первая цифра соответствует связи по оси X, вторая по оси Y, третья по оси Z.

Кнопка «Сохранить» переносит трехзначный шифр опорных связей на чертеж, где он располагается ниже и левее соответствующего узла.

6.2. Чтобы ввести нагрузки в очередном узле или в группе одинаково нагруженных узлов по пп.3.3, 3.4, отметьте их курсором и нажмите клавишу **Нагрузка**. В открывшейся таблице следует кликнуть:

- в столбце X значение нагрузки в данном узле, направленной вдоль оси X;
- в столбце Y значение нагрузки в данном узле, направленной вдоль оси Y;
- в столбце Z значение нагрузки в данном узле, направленной вдоль оси Z.

При отсутствии в данном узле нагрузки по какой-либо координате следует в соответствующем столбце кликнуть нулевое значение из нулевой строки.

В нижней части таблицы формируется трехзначный шифр нагрузки, в котором:

- первая цифра соответствует номеру строки, в которой задана нагрузка по оси X;
- вторая цифра соответствует номеру строки, в которой задана нагрузка по оси Y;
- третья цифра соответствует номеру строки, в которой задана нагрузка по оси Z.

Нажатием кнопки «Сохранить» трехзначный шифр нагрузки отображается на чертеже выше и правее соответствующего узла (узлов).

В модели нулевого приближения в узлах верхней решетки каркаса прилагаются вертикальные узловые нагрузки с шифром 001, значения которых вычислены по п.3.3

6.3. Клавиша Дополн. эл-ты позволяет дополнить регулярную решетку структурного каркаса дополнительными элементами в двух вариантах:

- чтобы соединить дополнительным стержнем два узла, имеющихся на чертеже, достаточно кликнуть курсором по обоим этим узлам;

- чтобы соединить дополнительным стержнем узел, имеющийся на чертеже, с дополнительным узлом, следует кликнуть существующий узел, вписать в командную строку (через кнопку F2) координаты нового узла (**X**, **Y**, **Z** в метрах) и нажать «Enter».

Дополнительные стержни первоначально имеют  $A = A_0$ . На чертеже они изображаются в отдельном слое (Dop\_St\_Kn) голубыми линиями. В том же слое и тем же цветом обозначаются их расчетные усилия и номера марок (сечений) по таблице «А перечень».

6.4. Клавиша Уклон позволяет придать всему блоку покрытия или какой-то его части желаемый уклон, диктуемый, например, условиями водоотвода. Для этого после нажатия клавиши Уклон следует отметить курсором наклоняемый участок блока, а затем кликнуть курсором две точки, лежащие на оси, вокруг которой этот участок должен быть повернут. Далее, следует набрать в командной строке (F2) значение угла наклона |°| и нажать «Enter». В результате блок или его участок займет требуемое положение в пространстве.

Поворот какой-либо части каркаса нарушает связь между его элементами. Чтобы ее восстановить, следует нажать клавишу Стык и подтвердить необходимость стыковки.

6.5. Клавиша **Расчет** запускает сохранение всех ранее введенных исходный данных и, собственно, расчет блока. Расчет усилий в стержнях блока выполняется в три итерации, причем по результатам каждой итерации автоматически подбирается сечение **A** (марка) каждого стержня из числа марок, внесенных в **«А-перечень»**. Процесс расчета в 3 итерации визуализирован, что позволяет обнаружить возможные его нарушения. По окончании расчета следует нажать кнопку-паузу >> и, далее, клавишу **A+N** для вывода значений расчетных значений **A** и **N** на чертеж каркаса.

Марка (сечение) стержня в виде его порядкового номера в таблице «А\_перечень» изображается более крупным кеглем, а значение усилия менее крупным. Они оба располагаются в непосредственной близости от линии, изображающей стержень, и жестко с ней связаны при перемещении в пространстве 3D. При этом результаты расчета усилий и подбора сечений расположены в трех различных «слоях» (O\_gurt 1, Raskos 1, U\_gurt 1), каждый из которых соответствует своему ярусу структуры и соответствует ему по цвету.

Те стержни, которые в результате автоматического подбора сечения оказались несколько перегруженными, окрашиваются в красный цвет при выводе результатов расчета на чертеж клавишей **A+N**. В этом случае достаточно провести коррекцию сечений по п.7.

Тот же красный цвет приобретают стержни, усилия в которых превышают несущую способность любого из стержней из «А-перечень». В таком случае необходимо корректировать «А-перечень» согласно п.5.3.

Во вновь построенной расчетной модели каркаса сечения всех стержней приняты равными  $A_0$ , которое пренебрежимо мало. На дальнейших этапах расчета и оптимизации каркаса подбор сечений выполняется только для стержней, имеющих  $A = A_0$ .

Если процесс расчета не стартует или не выполняются все три итерации, следует проверить принятую схему расположения опорных связей на предмет «внешней изменяемости» системы. Могут быть применены также операции контроля Дубль и Разрыв из панели «Коррекция».

6.6. Клавиша Спецификация запускает автоматическое построение спецификации элементов блока, в текущем приближении. В спецификации учтены только узловые элементы У-1 массой 5кг. При наличии других марок узлового элемента спецификацию следует корректировать вручную.

В спецификации для каждой марки стержня введены два значения количества элементов n(+) и n(-), которые соответствуют знаку усилия в стержнях.

Масса блока и количество элементов, полученные из спецификации, служит базой для оценки результатов и выбора направления дальнейшей оптимизации каркаса.

В спецификации приводятся координаты центра тяжести блока, которые необходимы при разработке ПОР по монтажу покрытия.

#### 7. Операции, выполняемые через панель «Коррекция».

Панель «Коррекция» предназначена для устранения неточностей и нарушений, которые могут возникнуть в процессе модификации геометрической схемы с помощью клавиш Доп. элем-ты и Уклон, автоматического подбора сечений по команде Расчет и т.п.

7.1 Клавиша **µ** запускает анализ расчетной несущей способности сжатых стержней каркаса с учетом влияния элементов, сопряженных с ними по концам. Благодаря этому влиянию по концам стержня создаются упругоподатливые защемления, что приводит к уменьшению **µ** - коэффициента расчетной длины сжатого стержня и увеличению его несущей способности.

Метод вычисления  $\mu$  для трубчатого сжатого стержня, работающего в пространственном каркасе, подробно описан на сайте <u>http://www.fen-net.de/valeria.sokolova/</u> в разделе 13 и использован здесь в виде о тдельных подпрограмм «**K**» и «**µ**».

В результате их выполнения по команде **µ** в линейке открытых W- файлов появляется таблица **µ** (тест-файл), которая содержит следующие параметры (согласно СП 16.13330.2011) для каждого сжатого стержня (по столбцам),:

1 - 3 - порядковый номер стержня и номера узлов, которые он соединяет;

- 4 параметры сечения стержня **D** х **s** [мм];
- 5, 7 значения коэффициентов защемления по концам стержня 1 и 2;

6, 8 - отношения n = Kmax / Kmin по концам стержня 1 и 2;

- 9 угол б [°]; между одноименными связями по концам стержня 1 и 2;
- 10 значение коэффициента µ с учетом жесткости ріј для выбранного «Тур\_і»;
- 11 значение несущей способности стержня при сжатии N\* |Tc|;
- 12 коэффициент использования несущей способности N/N\*.

7.2 Клавиша  $\overline{\textbf{A-сжатых}}$  запускает процесс корректировки автоматически подобранных сечений A для сжатых стержней каркаса путем сравнения вычисленного усилия N с его расчетной несущей способностью  $\textbf{N}^*$ . Фактически, используется отношение  $\textbf{N}/\textbf{N}^*$ :

- если N /N\*> 1.03 – стержню присваивается ближайшее большее сечение;

- если N /N\*< 0.5 – стержню присваивается ближайшее меньшее сечение.

После коррекции сжатые стержни приобретают на чертеже <u>сиреневый</u> цвет и значение их сечения **A** автоматически корректируется.

Значения N<sup>\*</sup>могут быть также использованы при формировании таблиц «Тур\_і» и «А\_перечень».

7.3 Клавиша **<u>А-растянутых</u>** запускает процесс автоматической корректировки сечений растянутых стержней путем сравнен ия действующих в них усилий с их несущей способностью, приведенной в таблицах «**Тур\_i**» и «**А\_перечень**». Процесс корректировки включает последовательное сравнение расчетного усилия **N** со всеми значениями несущей способности для марок стержней, имеющих номер выше подобранного автоматически. Из этих вариантов предлагается тот, который соответствует минимальному **А**.

После коррекции А растянутые стержни приобретают на чертеже синий цвет.

Цвета корректировки не удаляются сами собой. Чтобы их устранить, необходимо нажать клавишу Убрать цвет или клавишу **A+N** все в цвете на панели «Документы». Окончательное решение о присвоении каждому сжатому и растянутому стержню того или иного сечения принимает пользователь и реализует его согласно п. 7.4.

7.4 Клавиша **А-присвоить** позволяет присвоить любому стержню или группе стержней любую площадь сечения из **«А-перечень»**, в частности, когда, когда автоматическая корректировка не дает желаемого результата. Для этого следует кликнуть стержень (или группу стержней) курсором и нажать клавишу **«А-присвоить»**. На экране появляется перечень сечений, в котором следует кликнуть желаемую строку и нажать кнопку «Сохранить». При этом прежние обозначения сечений на чертеже сменяются на те, которые мы желаем присвоить отмеченным стержням. Этим же

способом можно одновременно присвоить всем стержням каркаса или группе стержней сечение  $A = A_0$ .

7.5 Клавиша **А-фиксировать** позволяет зафиксировать результаты подбора сечения каждого стержня в виде «веса» линии, изображающей стержень на чертеже.

При нажатии клавиши **А-фиксировать** на экране появляется окно, в которое следует вписать новое имя графического файла, в котором подобранные и присвоенные сечения будут зафиксированы. Кнопка «Сохранить» выводит на экран чертеж блока с новым именем.

Графическая фиксация сечений необходима, в частности, для анализа влияния каждого из сочетаний нагрузок (п.3.4)

Можно просто скопировать графический файл в тот же каталог N\_2015, присвоив ему другое имя. В таком файле, сохраняются значения **A=A**<sub>0</sub>.

В любом случае для каждого нового графического файла следует проверить и уточнить содержание исходных таблиц «**А**\_перечень» и «Значения нагрузок».

7.6 При выполнении перечисленных и иных изменений в расчетной модели могут появиться нарушения, препятствующие выполнению расчета. В этих случаях следует использовать средства контроля Дублы и Вазор.

Клавиша **Дубль** запускает процесс поиска элементов, продублированных на чертеже. В результате сдвоенные элементы выделяются синим цветом и при устранении дублей клавишей «Delete» приобретают прежнюю окраску.

Клавиша **Зазор** запускает процесс поиска разрывов в стержневых связях, после чего дефектные стержни окрашиваются синим цветом. Дефектный стержень следует удалить с помощью «Delete» и заменить его копированием аналогичного параллельного стержня, расположенного в том же ярусе структуры.

Когда аналогичный стержень подобрать невозможно, следует ввести на место удаленного стержня дополнительный стержень по команде Дополн. эл-ты по п. 6.3.

#### 8. Операции, выполняемые через панель «Документы».

Панель «Документы» предназначена для подготовки материалов проекта КМ каркаса покрытия или отдельного блока покрытия.

8.1 Клавиша <u>A+N\_ в цвете</u> выводит на экран план подобранных сечений и вычисленных усилий в том виде, как они были получены по команде «Расчет». При этом устраняются цветовые индикаторы, которые использовались в пп. 6.5; 7.2; 7.3, и восстанавливаются цветовые различия по слоям, первоначально введенные при построении геометрической схемы каркаса по п. 5.2.

8.2 Для печати более удобны планы результатов под рубрикой «**A**+**N**\_*чёрн/бел*», которые могут быть выведены на экран для просмотра и корректировки для каждого яруса («слоя») в отдельности кнопками **B**, **P**, **H** (верхние пояса, раскосы, нижние пояса). Кнопка **Bcë** выводит на экран в чернобелом варианте каркас в целом, включая дополнительные элементы.

8.3 Клавиша **Перемещения** выводит на экран результаты вычисления перемещений в каждом очередном приближении.

Значения перемещений узлов каркаса вынесены на его план («слой» Nummer), где они расположены следующим образом:

- номер узла расположен ниже и левее его;
- перемещение по оси X правее и ниже узла;
- перемещение по оси Y левее и выше узла;
- перемещение по оси Z правее и выше узла (по диагонали).

8.4 При корректировке и распечатке всех документов можно:

- менять размер шрифта «Кегль» кнопками + и ;
- корректировать расположение надписей вручную;

- вывести на печать различные сочетания сеток по ярусам, используя таблицу разбиения изображения по «слоям».

Перед тем, как вернуться в любую иную панель управления после работы над документами, необходимо нажать клавишу **A+N\_ все в цвете** 

8.5 Клавиша Табл. исходных выводит на экран таблицы «А\_перечень» и «Значения нагрузок».

#### 9. Рекомендуемые этапы расчета и оптимизации структурного каркаса.

9.1 \_Первый этап включает:

- через панель «Исходные» формирование геометрической схемы каркаса и таблиц исходных данных (п.5);
- через панель «Модель» формирование и расчет модели каркаса при равномерно распределенной нагрузке (п.3.3).

В этом исходном «нулевом» приближении может быть построено несколько вариантов модели на базе различных типов стыка («Tip\_i») и при наиболее широком выборе марок («A\_перечень») по п.5.3. Для сравнения вариантов следует использовать операцию Спецификация на панели «Модель». Она позволяет оценить металлоемкость каркаса в нулевом приближении, наметить пути оптимизации расчетной модели блока по различным критериям, прежде всего, - по минимальной металлоемкости и трудоемкости.

Оптимизация может быть начата, например, удалением из каркаса «лишних» связей. Для этого достаточно кликнуть курсором любой стержень на чертеже и нажать на клавиатуре «Delete». Так можно заметно улучшить экономические показатели каркаса.

9.2 Второй этап - оптимизация компоновочной схемы каркаса с пользованием возможностей, которые представлены в панели **«Модель»**. С их помощью достигается, например, подкрепление исходной модели дополнительными стержнями, изменение очертаний покрытия в разрезе. Здесь можно использовать автоматический подбор сечений или их «ручное» присвоением с помощью клавиши А присвоить.

В результате формируются варианты расчетной модели в первом приближении с учетом:

- общих технико-экономических требований и соображений;
- возможностей производства;
- функциональных, архитектурных и иных требований к объекту строительства;
- условий сборки и монтажа каркаса покрытия на конкретной стройплощадке.

Для сравнения вариантов используется операция «Спецификация».

9.3 Третий этап – уточнение параметров модели каркаса и его элементов с учетом всех тех расчетных сочетаний нагрузок, которые намечены в п.3.4.

Этот этап выполняется после применения операции «А\_фиксировать» к результатам предыдущего этапа (п.9.2). Если рассчитать полученную таким образом модель при каком- либо из сочетаний, намеченных по п.3.4, перегруженные стержни на чертеже будут выделены красным цветом. Их сечение следует скорректировать вручную, используя клавишу «А\_присвоить». Повторные расчеты и коррекцию сечений при этом же сочетании нагрузок следует выполнять до исчезновения перегрузок.

Таким же образом модель следует рассчитать и скорректировать при каждом из сочетаний нагрузок, намеченных по п.3.4.

В результате получаем варианты второго приближения расчетной модели. Из них можно выбрать вариант близкий к оптимальному путем сравнения «Спецификаций» по металлоемкости и трудоемкости и имеющий требуемую несущую способность.

9.4 Четвертый этап. Дальнейшая оптимизация каркаса возможна, когда проектировщик имеет возможность выбрать один из нескольких типов стыка элементов с различными известными жесткостями  $\rho_{ij}$ . Выбор осуществляется через клавишу <u>Тур\_i; А перечены</u> из панели «Исходные» по п.5.2. Варианты каркаса с различными «Тур i» могут заметно различаться не только по

жесткости  $\rho_{ij}$ , но и по стоимости. Сравнения этих вариантов может быть выполнены на основе спецификаций и более детальных технико-экономических оценок с учётом технологии изготовления деталей.

В результате получаем модель каркаса минимально возможной стоимости при имеющейся производственной базе и заданных функциональных требованиях. Так, например, некоторые из вновь разработанных типов стыка позволяют уменьшить металлоемкость каркаса на 15÷20%, по сравнению с известными и широко применяемыми вариантами. Полученную таким образом модель следует подвергнуть проверкам, описанным в п.9.3 и соответствующим образом скорректировать.

9.5 Рекомендуемая последовательность построения, расчета и оптимизации модели каркаса может быть дополнена или изменена с учетом с особенностей Технического задания.

#### 10. Нормативное обеспечение задач, решаемых по Программе N\_2015.

Когда расчетная модель каркаса в виде пространственной фермы построена в очередном приближении, Программа N 2015 позволяет решить две задачи:

1) выполнить статический расчет каркаса и в результате определить осевое усилие в каждом стержне;

2) подобрать сечение каждого стержня в соответствии с требованиями СП 16.13330.2011.

#### Здесь и в дальнейшем все ссылки на СП 16.13330.2011 выделены жирным курсивом.

10.1. <u>Статический расчет</u> структурного каркаса выполняется исходя из предположения, что он состоит из стержневых элементов 1-го класса (*п.4.2.7*), соединенных в узлах идеальными шарнирами, т.е. представляет собой идеально упругую ферму. Расчет усилий в такой статически неопределимой ферме выполняется методом «перемещений», который вполне идентичен, в данном случае, методу конечного элемента, но более экономичен.

10.2. В соответствии с технологическими особенностями структурного каркаса (п. 1.1) в данной программе подбор сечения элемента заменен процедурой, когда из заранее заданного перечня однотипных стержней (А\_перечень) выбирается тот минимальный типоразмер, который способен воспринять расчетное усилие, действующее в стержне.

Таким образом, задача подбора сечения сведена к задаче определения несущей способности каждого типоразмера стержня при растяжении и сжатии. Эти параметры сильно зависят от конструктивного исполнения стержня, которое определяется типом стыка стержня с узловым элементом «Tip\_i». В данной Программе приведены достаточно точные данные для двух типов стыка «Tip\_0» и «Tip\_1», которые относятся к одному типу стыка («Кисловодск», «МАрхИ»), освоенному нашей промышленностью.

10.3. <u>При растяжении стержня</u> его несущая способность определяется, как прочность на растяжение слабейшего из конструктивных компонентов стержня, последовательно соединенных для восприятия растягивающей нагрузки.

К таким компонентам в стержне системы «Кисловодск» («Тір\_0» или «Тір\_1») относятся:

а) сварное соединение трубчатого корпуса и втулки; б) болт класса 10.9 или 12.9.

Их прочность вычисляется по, *п.7.1.1*, как знаменатель в формуле (5)

$$N^* = A_n R_v \gamma_c$$
, где  $An=A; \gamma c=1$  (по таблице 1).

А. Для сварного стыка трубчатого корпуса (*D* x s) принимается:

- площадь поперечного сечения *A* - по справочнику или по формуле *A* =  $\pi$  (*D* - *s*) *s*;

- исходное расчетное сопротивление материала корпуса - *по таблице В.6* -  $R_v = 215 \ H/mm^2$ ;

- расчетное сопротивление стыкового шва - *по таблице* 4 -  $R_{wy}$ = 0.85  $R_y$ =183 *H/мм<sup>2</sup>* (без физического контроля).

Б. Для болта класса 10.9 принимается:

- расчетная площадь поперечного сечения *А<sub>bn</sub> по таблице Г.9*;
- расчетное сопротивление при растяжении в одноболтовом соединении *по таблице* 5  $R_{bt} = 0.54 R_{bun}$ ;

- нормативное сопротивление  $R_{bun}$  - по таблице Г.8 (сталь 40X по ГОСТ Р 52643).

10.4. <u>При сжатии стержня</u> его несущая способность определяется из расчета на устойчивость по *п.7.1.3*, как знаменатель *в формуле (7)* 

 $\mathbf{N}^* = \varphi A R_y \gamma_c$ , где:

*A*,  $R_v$  и  $\gamma_c$  - принимаются такими же, как для трубчатого корпуса растянутого стержня;

 $\varphi$  – коэффициент устойчивости при центральном сжатии, который вычисляется с использованием формул (8) и (9), а также с учетом значений  $R_y$  и коэффициента расчетной длины  $\mu$  по *n. 10.3.1, формула* (140).

Программой N\_2015 предусмотрены два варианта определения параметра **µ** для каждого сжатого стержня, условно представленные двумя типами стыка: «Tip\_0» и «Tip\_1».

«Tip\_0» соответствует варианту, когда для всех сжатых стержней каркаса принято  $\mu = 1$  по *n.10.2.1, таблица 26.* Это означает введение идеальных шарниров во всех узлах каркаса и принятие  $\rho_{ai} = 0$  для всех стержней каркаса по п. 3.2.

«Tip\_1» соответствует варианту, в котором реализуется рекомендация *n.10.2.6* путем введения в Программу N\_2015 специальной подпрограммы анализа работы сжатого стержня. Эта подпрограмма позволяет вычислить для каждого сжатого стержня каркаса  $\mu$ , несущую способность N<sup>\*</sup> *по формулам* (7), (8) и (9), а также коэффициент использования несущей способности N<sup>\*</sup>/N.

В основе подпрограммы лежит принцип, использованный в **Приложении И**, но задача определения  $\mu$  для стержня, выделенного из конструкции, решается здесь с учетом возможности неплоской формы его продольного изгиба. При этом используются значения  $\rho_{1j}$  из таблицы «Tip\_1», полученные непосредственным их измерением на специальной установке.

Подпрограмма анализа работы сжатых стержней, а также установка и методика по измерению  $\rho_{ij}$  описаны на сайте <u>http://www.fen-net.de/valeria.sokolova/</u> в разделе 13.

#### Примечания.

- 1. К процессу верификации функции «коррекция А сжатых стержней»:
- дополнительный виртуальный стержень должен быть введен строго по инструкции;
- «Коррекцию А сжатых стержней» следует выполнять после выполнения операции «А-фиксировать»;
- «Коррекцию А сжатых стержней» следует выполнять при положении конструкции «вид сверху» (плане);
- если виртуальный стержень не виден в плане, его следует повернуть на малый угол порядка 1-го градуса.
- 2. Вариант N\_2015\_16 отличается от N\_2015\_К тем, что команда А- сжатых разделена на две: Мю и А-сжат.
- 3. Вариант программы N\_2015\_17 и далее отличается от варианта N\_2015\_16 тем, что переформирование таблицы «А-перечень» может выполняться в произвольном порядке. Чтобы вставить в «А-перечень» новую строку из «Tip\_i», достаточно отметить в таблице «А-перечень» ту строку, после которой будет вставлена новая строка, а затем кликнуть эту сроку в таблице «Tip\_i».
- 4. В вариантах программы N\_2015\_17, N\_2015\_18 марки стержней, включенные в «А-перечень» могут иметь одинаковые размеры сечения и его площадь «А», но различные диаметры резьбы крепежной детали «М». Такие марки с различными «М» должны иметь и различные площади сечений «А», отличающиеся на одну-две единицы в последнем знаке, но при этом последний знак должен быть нигде не равен «0».

### Контакты.

Вышеизложенное минимально необходимо для освоения Программы N\_2015. Более детальное изучение, освоение накопленного опыта возможно только в процессе личного общения пользователя с разработчиками программы:

Пушкин Борис Анатольевич-	T. 8.(863)222 30 98,	8.(919)874 12 30,
	Skype- bpusch1,	E - <u>bpusch@mail.ru</u>
Соколова Валерия Федоровна-	T. 8.1049(911)812 85	11, 8.1049(178) 173 3063
	Skipe- vsokol21,	E- <u>vsokol@gmx.de</u>

# Программа N\_2015

# Расчет и оптимизация трубчатых структурных каркасов

Часть 2. Описание программного обеспечения.

# 1. Общая информация

Программа представляет собой набор макросов, написанных на языке VBA для среды AutoCAD (система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией AutoDesk). Программа ориентирована на версии AutoCAD 2004-2008.

Решение системы алгебраических уравнений реализовано с помощью языка программирования С. Использовался метод Гаусса для слабо заполненных матриц больших порядков.

Для промежуточного хранения данных используется система управления базами данных **Access**.

# 2. Инструкция для первоначальной установки клавиши запуска программы (Выполняется один раз)

а) Открыть AutoCAD, выбрать последовательно позиции «Tools»  $\rightarrow$  «Customize»  $\rightarrow$  «Interface».



b) В открывшемся окне поставить курсор на узкое окошко «All Customization Files», распахнуть список стрелочкой в его правом углу. В списке выбрать позицию «Main CUI Files (acad.cui)» левой клавишей мыши.

Customize User Interface	L.		
Customize Transfer			
Customizations in All CUI Files	Properties	*	
All Customization Files	REAL CO.		/ H
Main CUI File (acad cui)	E General		1 5
custom.cui acetmain.cui	Name ACAD		-
Open	Filename C:\Users\SOHOLOVS\JppData\Roaming\Jutodesk\JutoCAD 2009\F	NR1	0 14
B-T Toobas			
B- Menus			1 3
Usinoard Panels     Usinoard Panels     Usinoard Panels     Usinoard Panels			0
B-IDD Keyboard Shortcuts			
B-B Mouse Buttons			
- S LISP Files			H
H-B Patal CU Res			ē m
			· 11
Command List:			
🛛 Commands 📃 🖈 🛠			
Command Source			
30 Adjust Clip Planes ACAD			A A
Re 3D Algn ACAD			
3D Aray ACAD			
3 D Continuous Orbit ACAD			<b>T</b>
2 30 Py ACAD			a 🖅 🚍 🚞
30 Mmor ACAD			🗹 🥒
S 3D Move ACAD	General		
3D Navigation Control CONTROL			AL (
Search command list			
	OK Cancel Acch Hein	0	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
		111	jo é
Y			<b>163</b>
Δ.			· -/
			*
			9
			99 pm
h⊳ X			r
			a
IN THE PLACE LEVIEL ( LEVIEL )			
119.1708. 290.1513. 0.0000 SNAP GRID ORTHO POLAR OSNAP OTRACK DUCS DYN LWT MODEL			Annotation Scale: 1:1 💌 🔬 💅 🔂 🖵
Annex 🍐 🚞 💽 📖 🔮 🚉 🔛 🌄 🗇 🔂 🛄			DE 🖈 🖏 🌆 🕐 л 13:39 💻

c) Нажать на жёлтую клавишу с плюсом справа. (Подсказка-функция клавиши – "Load partial Customisazion file")

W Customize User Interface	لم		Type a question for bein Q + X + I	
Customize Transfer		_		
Customizations in All CUI Files	Properties	*		
All Customization Files	The at Long		/	H
E 3 ACAD			/	3
Cool per cercos	Name ACAD		د	C
-CE 3D Modeling	Filename C:\Usera\SOKOLOVS\JppData\Roaming\Autodesk\JutoCAD 2008\F	R1	0	12
Q: AutoCAD Classic				
🕀 🐂 Toobas				0
Menus				3)
R-MI Shotad Fares				0
E-III Keyboard Shortcuts				1
Log Double Click Actions			$\sim$	Here!
B - O Mouse Buttons			•	2
E-D Loor Hes			0	
Patal CUI Files			A.	
			PA I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	1
				-1-
Command List:			12	-
N Commands 💌 🗴 🛠			11	•
Command Source				
🚰 3D Adjuat Clip Planes ACAD 🚽				- 4
SD Adjust Distance ACAD			A	A
102 3D Align ACAD				4
30 Amay ACAD				=
3D Continuous Orbit ACAD				1
2 3D Ry ACAD				1
2 3D Free Orbit ACAD				
3D Minor ACAD				0
3D Novie ACAD 3D Navination Control CONTROL	General			2
3D Navigation Point Triplet 1 Control CONTROL				40
Search command lat				
	DK Decent L Arch L Mein L	0		4
		<b>U</b>		0
Y			Rei	+-
Δ				
			4	<b>C</b> 1
			9	
			57	8
				1
				1
H + F Madda Layout1 / Layout2 /				~
1				1
119.1708.290.1513.0.0000 SNAP GRID ORTHO POLAR OSNAP OTRACK DUCS DYN LWT MODEL			Annotation Scale: 1:1 💌 🔬 🔬 🔂 🖝	
Mare 🖉 📨 👦 👜 😨 🕅 🥌 🔽			DE e P & (75	
🕼 🖾 💆 🔛 🖉 🔛			0E 🗶 😋 🖓 🖾 🔍 01.03.2015	, <b>*</b>

d) Открывается возможность для поиска файла. Если сразу не откроется наш каталог как на картинке ниже, то необходимо вверху в строке окна, где стоит «Компьютер ...», найти нужный каталог. Выбрать в нём файл «**N\_2015.cui**» и нажать клавишу «**Открыть**».



e) В результате в левом верхнем углу левого верхнего окна появляется команда вызова главной процедуры программы «**PUSH\_BB**». Теперь следует нажать клавишу «**Apply**» левой клавишей мыши, затем клавишу «**OK**».

協 Customize User Interface			X
Customize Transfer			Type a question for help
Customizations in Main CUI	Properties	ByLayer	T ByColor T
rm 15.cui		~	1
	🔯 24 🖾		
B Toobars	G General		
E Menus	Name ACAD		
Orabboard Panels	Filename C:\Users\SURULOVS\VppData\Reaming\Vul	Ideak Visito CAD 2008 (H1	0 12
E-up Keyboard Shotouts			
E - Lo Double Click Actions			5
- To Mouse Buttons			0
Lish Heary			
a 🖉 ogod			$\sim$
			0
			2 C
			é m
			. 1
Command List:			+-+
A remarks			
Command Source A			
3D Navigation Combo Control CONTROL			
3D Navigation Point Trolet 1 Control CONTROL 2D Navigation Point Teolet 2 Control CONTROL			A 4
3D Navigation Step Size Sider Control CONTROL			
3D Navigation Steps per Second Sider Control CONTROL			10 PH
3D Navigation Zoom Silder Control CONTROL			🔍 🎿
Dim Style Control CONTROL			🕮 🚞
Laver Fiter Combo Control CONTROL			🗊 🏒
Layer Lock Transparency Sider Control CONTROL			5° 🛅
Layer State Combo Control CONTROL	General		AL 🖼
Light Color Correct Control CONTHOL			ے 🛡 🗠
Search command lat			SB
	OK Carcel Arely	l Help (	à +
			0 D
			á 🗊
Y			Red
			· -/
$\triangle$			
			* 🗂
			9 ++
			S7 p-
			r
			1
III I F F Model Layout 1 / Layout 2 /			2
119.1708.290.1513.0.0000 SNAP GRID ORTHO POLAR OSNAP OTRACK DUCS DYN LWT MODEL			Amostation Scale: 1:1 x 🔗 🚿 🔂 🗕 🔲

f) На экране появляется клавиша с жирной буквой «**N**», которую можно переместить в любое удобное место на экране.



**Проверка**: откройте графический файл из каталога «**N\_2015**» и нажмите клавишу «**N**». Если появится строка панелей программы - Программа загружена.

#### Если исчезла клавиша «N»:

- нажать на пустую часть панели инструментов правой клавишей мыши;
- в появившемся меню подвести курсор к позиции «PUSH\_BB»;
- нажать позицию «Push» выпавшего меню.



Появится клавиша запуска программы «N»..

#### 3. Библиотеки, подключаемые в системе VBA

При первой загрузке программы, возможно, потребуется настройка необходимых библиотек. Об этом вы узнаете из появившегося сообщения. В этом случае выполните следующие действия.



Выбрать последовательно позиции Tools → Macro → Visual Basic Editor

#### В появившемся окне выбрать **Tools** → **References**

AutoCAD 200	8 - [D:\NEU\D_1.dwg	1
🛅 File Edit Vie	ew Insert Format	Fools Draw Dimension Modify Express Window Help
🛛 📚 🔽 🦉 🖉	0 🛛 🚯	Alicrosoft Visual Basic - D:\NEU\N_2015.dvb
		Eile Edit View Insert Format Debug Run Tools Add-Ins Window Help
Панель	Исходные	🔜 🔄 न 🔚 🐰 🖻 💼 🏘 🗠 🖙 📊 🧶 References
		Project - PS <u>A</u> dditional Controls
		Definition of the second secon
		PS Properties





#### 4. Обязательные файлы в каталоге N\_2015:

Spec_0.doc	<ul> <li>– файл-клише для подготовки Спецификации, Word-документ;</li> </ul>
Const.txt	<ul> <li>– справочный текстовый файл;</li> </ul>
Typ.xls	– <b>Excel</b> -таблица для типа стыка;
N_2015.DVB	- основной проект (набор макросов со стартовой процедурой « <b>ННН</b> »);
N_2015.cui	– файл для клавиши-запуска « <b>N</b> »;
Menu_N.bmp	– изображение, используемое для клавиши-запуска « <b>N</b> »;

Neu\_push.mdb – база данных Access;

**Sys.exe** – загрузочный модуль – решение системы алгебраических уравнений;

**Term** – текстовый файл, используемый во время загрузки главной процедуры.

#### 5. Ограничения по количеству:

- стержней в каркасе - 3200;

- узлов в каркасе **800;**
- ячеек по стороне каркаса ( $n_x$ ,  $n_y$ ) 50;
- строк в таблице «А\_перечень» 20;
- строк в таблице «Значения нагрузок» 9.

#### 6. Используемые слои (Layers):

Attr1 – нагрузки (шифры);

- Nummer номера узлов и результаты вычисления перемещений;
- **O\_Gurt** объекты-линии нижнего пояса;
- O\_Gurt1 объекты-тексты нижний пояса;
- U\_Gurt объекты-линии верхнего пояса (жёлтый);
- U\_Gurt1 объекты-тексты верхнего пояса (жёлтый);
- **Raskos** объекты-линии раскосов (зелёный);
- **Raskos1** объекты-тексты раскосов (зелёный);

Dop\_St\_Kn – дополнительные элементы (голубой).

#### 7. Файлы результатов работы программы:

Имя\_чертежа.isx – исходные данные чертежа, текстовый файл;

Имя\_чертежа.res – результаты решения системы уравнений, текстовый файл;

Имя\_чертежа7.res – результаты решения системы уравнений, текстовый файл;

Имя\_чертежа.t – промежуточный текстовый файл;

**Spec.doc** – спецификация, **Word**-документ;

**TESTFILE\_ имя\_чертежа** – результаты анализа сжатых стержней, текстовый.

# 8. Структура и основные функции.



Первый уровень - основное меню:

<u>Второй уровень</u>



- меню «Исходные»

- меню «Модель»

Панель	Исходные	Mo	дель	Коррекция	Документы
<i>C</i>				1	
HH N	Опоры	н	 агрузк	a <u>1 n</u>	Ŕ
3	Дополни	т. эле	ементь	4	
$\odot$	Уклон	>	Стын		1 7 1 8
$ \Delta $	Расчёт	>	A+ N	dat X	2 9,1
Heest I	Специ	фика	ция		1/

- меню «Коррекция»



- меню «Документы»

		-	4	×
Панель	Исходные	Модель	Коррекция	Документы
36				
	Документ	bl 🗡	4 1 0	
	A+N BO	ё в цвете		- XR
(3)	A+N 46	он/бел	4	X
	BP	H Bce		
			, well	2 9,1
$\sim$	Перем	ещения		1/
	+ Ke	егль _	2.7 -	4,4
		U NZ		- (XQ)

Третий уровень:

× Модель Коррекция Документы Исходные Панель 5 3 0 × ůÝ. M 4 ന്ന Параметры 0 Геом. схема каркаса 3 0 0 Тип-і; А-перечень 20,5 5 Значения нагрузок 9,1 5 Исходные параметры × 0 Геометрические параметры λ'n 9 Модуль 1 [MM] 3000 E. [MM] d Длина раскоса 3000 3 Высота по оси Z h [MM] 2120 4 14,4 霴 Угол наклона раскоса α [град.] 45 隷 Физические характеристики материала 0 Объемный вес ρ 7850 [кг/куб.м] Модуль упругости E 206 (21) [kH/кв.мм (т/кв.мм)] A 1 Механические характеристики 20,5 5 215 (22) [Н/кв.мм (кг/кв.мм)] Предел текучести Ry Врем. сопротивление Ru 350 (36) [Н/кв.мм (кг/кв.мм)] ঠেনি A đ Сохранить

- меню «Исходные» → позиция «Параметры»

- меню «Исходные» → позиция «Геом. схема каркаса»



**Примечание.** По умолчанию в окошке «Высота *h*» вписано значение «2.121», при котором длины поясных и раскосных стержней несколько различны, и это находит отражение в спецификации в виде дублирующих позиций. Чтобы их устранить, следует вписать в окошко *h* уточненное значение высоты «**2.1213**».

- меню «Исходные» → позиция «Тип-і; А-перечень»

<b>₽₽</b> /	AutoCAD	2008 -	[D:\N_2	2015+\	пример	_0.dwg]				PPC
	File Edit	View	Insert	Format	Tools	Draw Dimensi	on Modify	/ Express	Window Help	JD
	J 🛛 🖄		8	۱ 🖉	<b>.</b> 🦚 [	🔏 🔐 🔛 🖼		0 <b>O</b> 🔁 1	0 🗆 0	
								×		
Г	Танель	Исхо	дные	Моде	ель К	оррекция Д	окумент	ы		
2	C							10		
0	1 P	Исх	одные		×					
	0	1	Пар	аметри	ы					
r	00	Гес	M CYP	ма кар	kaca					
0	5)		Turn in		nucu					
20	0		гип-г;	A-nepe	чень					
2	$\cong$	7	вначен	ия нагр	узок					
1-	THE CT.	іка								XI
0	Thin Cro									<u> </u>
0		2015	L\Tup	0 yla	_		Dector	- 1		A
000	D:\N	_2015-	+\Typ_	0.xls		<u> </u>	Выбра	ть		А_перечень
0 0 B	D:\N 3.98	_2015- 7.44	+\Typ_ 1.8	0.xls 1.8	3.12	▼	<b>Выбра</b> С-1	ть 10	1,64	А_перечень 1 - 3.98 - D48x2,8
0 Q Q P	D:\N 3.98 5.4	2015- 7.44 10	+\Typ_ 1.8 3.3	0.xls 1.8 3.3	3.12 4	D48x2,8 D57x3,2/22	Выбра С-1 С-2	ть 10 10	1,64	А_перечень 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 2 - 5.00 - D60x3
0 0 @ @ ·	D:\N 3.98 5.4 5.38	7.44 7.44 10 10	+\Typ_ 1.8 3.3 3.8	0.xls 1.8 3.3 3.8	3.12 4 4.22	D48x2,8 D57x3,2/22 D60x3 D76-2	Выбра С-1 С-2 С-2	ть 10 10 10	1.64 × 1 1.04	<u>А_перечень</u> 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 100-25 5 22
4 · 4 4 · 0	D:\N 3.98 5.4 5.38 6.88 10.7	7.44 10 10 12.86	+\Typ_ 1.8 3.3 3.8 8.06	0.xls 1.8 3.3 3.8 8.06	3.12 4 4.22 5.4 8.28	D48x2,8 D57x3,2/22 D60x3 D76x3 D80x4 (22	Выбра С-1 С-2 С-2 С-3 С-4	ть 10 10 10	1.64 × 1 1,04 1,1 2,5	<u>А_перечень</u> 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 10.78 - D102x3,5/22 5 - 10.8 - D102x3,5/22
1 林 · あみい 0	D:\N 3.98 5.4 5.38 6.88 10.7 10.78	7.44 10 10 12.86 18	+\Typ_ 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7	0.xls 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7	3.12 4 4.22 5.4 8.38 8.5	D48x2.8 D57x3,2/22 D60x3 D76x3 D89x4/22 D100x3 5/22	Выбра С-1 С-2 С-2 С-3 С-4 С-4 С-422	ть 10 10 10 10 10	1.64 × 1 1,04 1,1 3,5 4,02	<u>А_перечень</u> 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 10.78 - D102x3,5/22" 5 - 10.8 - D102x3,5/27" 6 - 13.8 - D112x3,5/27"
<b>其</b> 位・4 込う 0	D:\N 3.98 5.4 5.38 6.88 10.7 10.78 10.79	7.44 10 12.86 18 18 20.17	+\Typ_ 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7	0.xls 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7	3.12 4 4.22 5.4 8.38 8.5 8.5	D48x2,8 D57x3,2/22 D60x3 D76x3 D89x4/22 D102x3,5/22 D102x3,5/27	Выбра С-1 С-2 С-2 С-3 С-4 С-4/22 С-4/22	ть 10 10 10 10 10 10 10 10	1.64 1 1,04 1,1 3,5 4,02 4,5	А_перечень 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 10.78 - D102x3,5/22 5 - 10.8 - D102x3,5/27" 6 - 13.8 - D114x4/22 7 - 15.52 - D114x4,5/27
◎ 其 粒 · a & · 0	D:\N 3.98 5.4 5.38 6.88 10.7 10.78 10.79 10.8	7.44 10 10 12.86 18 18 20.17 23.76	+\Typ_ 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7	0.xls 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7	3.12 4 4.22 5.4 8.38 8.5 8.5 8.5 8.5	D48x2,8 D57x3,2/22 D60x3 D76x3 D89x4/22 D102x3,5/22 D102x3,5/27 D102x3,5/27	Выбра С-1 С-2 С-2 С-3 С-4 С-4/22 С-4/27 С-4/27"	ть 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	1.64 ▲ 1 1,04 1,1 3,5 4,02 4,5 5	А_перечень 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 10.78 - D102x3,5/22 5 - 10.8 - D102x3,5/27'' 6 - 13.8 - D114x4/22 7 - 15.52 - D114x4,5/27
■ ◎ # 林 · む む • 0	D:\N 3.98 5.4 5.38 6.88 10.7 10.78 10.79 10.8 13.07	7.44 10 12.86 18 18 20.17 23.76 18	+\Typ_ 1.8 3.3 8.06 0 17.7 17.7 17.7 22.2	0.xls 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7 17.7 22.2	3.12 4 4.22 5.4 8.38 8.5 8.5 8.5 8.5 10.26	D48x2.8 D57x3,2/22 D60x3 D76x3 D89x4/22 D102x3,5/27 D102x3,5/27" D108x4/22	Выбра С-1 С-2 С-2 С-3 С-4 С-4/22 С-4/27 С-4/27" С-4/27" С-5/22	ть 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	1.64 1 1.04 1,1 3,5 4,02 4,5 5 4	А_перечень 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 10.78 - D102x3,5/22 5 - 10.8 - D102x3,5/27'' 6 - 13.8 - D114x4/22 7 - 15.52 - D114x4,5/27
・国の舞林・お扱いの	D:\N 3.98 5.4 5.38 6.88 10.7 10.78 10.79 10.8 13.07 13.08	7.44 10 10 12.86 18 18 20.17 23.76 18 24.46	+\Typ_ 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7 17.7 22.2 22.2	0.xls 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7 22.2 22.2	3.12 4 4.22 5.4 8.38 8.5 8.5 8.5 10.26 10.26	D48x2.8 D57x3,2/22 D60x3 D76x3 D89x4/22 D102x3,5/27 D102x3,5/27 D108x4/22 D108x4/27	Выбра С-1 С-2 С-2 С-3 С-4 С-4/22 С-4/27 С-4/27 С-4/27 С-5/22 С-5/27	ть 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	1.64 • 1 1,04 1,1 3,5 4,02 4,5 5 4 6	<u>A_nepeчень</u> 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 10.78 - D102x3,5/22 5 - 10.8 - D102x3,5/27'' 6 - 13.8 - D114x4/22 7 - 15.52 - D114x4,5/27
A 国 D 構成・ も とう O	D:\\\ 3.98 5.4 5.38 6.88 10.7 10.78 10.79 10.8 13.07 13.08 13.09	7.44 10 10 12.86 18 20.17 23.76 18 24.46 25.76	+\Typ_ 1.8 3.3 8.06 0 17.7 17.7 17.7 22.2 22.2 22.2	0.xls 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7 17.7 22.2 22.2 22.2	3.12 4 4.22 5.4 8.38 8.5 8.5 8.5 10.26 10.26 10.26	D48x2.8 D57x3,2/22 D60x3 D76x3 D89x4/22 D102x3,5/27 D102x3,5/27" D108x4/27 D108x4/27"	Выбра С-1 С-2 С-2 С-3 С-4 С-4/22 С-4/27 С-4/27 С-5/27 С-5/27 С-5/27	ть 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	1.64 ▲ 1 1.04 1,1 3,5 4,02 4,5 5 4 6 6 ★	А_перечень 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 10.78 - D102x3,5/22 5 - 10.8 - D102x3,5/27'' 6 - 13.8 - D114x4/22 7 - 15.52 - D114x4,5/27
○ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	D:\W 3.98 5.4 5.38 6.88 10.7 10.78 10.79 10.8 13.07 13.08 13.09	7.44 10 12.86 18 20.17 23.76 18 24.46 25.76	+\Typ_ 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7 22.2 22.2 22.2	0.xls 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7 17.7 22.2 22.2 22.2	3.12 4 4.22 5.4 8.38 8.5 8.5 8.5 10.26 10.26 10.26	D48x2.8 D57x3,2/22 D60x3 D76x3 D89x4/22 D102x3,5/27 D102x3,5/27" D108x4/27 D108x4/27"	Выбра С-1 С-2 С-2 С-3 С-4/22 С-4/27 С-4/27 С-5/22 С-5/27 С-5/27"	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	1.64 1 1.04 1,1 3,5 4,02 4,5 5 4 6 6 •	А_перечень 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 10.78 - D102x3,5/22 5 - 10.8 - D102x3,5/27'' 6 - 13.8 - D114x4/22 7 - 15.52 - D114x4,5/27
(1) A ■ 2 算 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	D:\W 3.98 5.4 5.38 6.88 10.7 10.78 10.79 10.8 13.07 13.08 13.09	2015- 7.44 10 10 12.86 18 20.17 23.76 18 24.46 25.76	+\Typ_ 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7 17.7 22.2 22.2 22.2	0.xls 1.8 3.3 3.8 8.06 0 17.7 17.7 17.7 17.7 22.2 22.2 22.2	3.12 4 4.22 5.4 8.38 8.5 8.5 8.5 10.26 10.26 10.26	▶ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	Выбра С-1 С-2 С-2 С-3 С-4/22 С-4/27 С-4/27 С-5/27 С-5/27 С-5/27"	ть 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	1.64 1 1.04 1,1 3,5 4,02 4,5 5 4 6 6 •	А_перечень 1 - 3.98 - D48x2,8 2 - 5.38 - D60x3 3 - 6.88 - D76x3 4 - 10.78 - D102x3,5/22 5 - 10.8 - D102x3,5/27'' 6 - 13.8 - D114x4/22 7 - 15.52 - D114x4,5/27 Улалить

- меню «Исходные» → позиция «Значения нагрузок»



Остальные позиции третьего уровня нет необходимости описывать подробно