|  |  |
| --- | --- |
|  | ***Н****аучно-****и****сследовательский* ***ц****ентр* ***СтаДиО*** |
| *Свидетельство СРО «АПОЭК» «Проектировщики оборонного и энергетического комплексов».*  *Номер решения о приеме в члены СРО № 06-ПСС-38/2018 от 20.06.2018 г.*  **123098, Москва, пл. акад. Курчатова, 1, т. (499)706-8810, e-mail:** [***stadyo@stadyo.ru***](mailto:stadyo@stadyo.ru)**, Web-site: *www.stadyo.ru*** | |

Ивн. № 2020-МН-02 / 1601-1

****

*“Утверждаю”*

Генеральный директор ЗАО НИЦ СтаДиО

****

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***А.М. Белостоцкий***

“\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**по научно-техническому сопровождению проектирования объекта: «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Цех сборки модулей ВС №107»**

Руководитель работы

член-корр. РААСН, проф., докт. техн. наук

***А. М. Белостоцкий***

Отв. исполнитель

канд. техн. наук ***А.С. Павлов***

Исполнители

канд. техн. наук ***А.И. Нагибович***

***Д.С. Дмитриев***

# Введение

Настоящее Заключение составлено в рамках научно-технического сопровождения проектирования объекта – «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Цех сборки модулей ВС №107», расположенного в с. Белокаменка, Мурманская область, по договору № 2019-КОНАР-44 от 23.12.2019 между ЗАО «Научно-исследовательский центр СтаДиО» (НИЦ СтаДиО) и АО «КОНАР».

При разработке настоящего Заключения была использована следующая техническая и нормативная документация:

1. Научно-технический отчет ЗАО НИЦ СтаДиО «Уточненные расчетные исследования системы «основание – фундаменты – надземные конструкции» объекта: «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Цех сборки модулей ВС №107», Москва, 2020 г.
2. «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Цех сборки модулей ВС №107». 2.660-КМ2-1 (КМ1). Проектная документация. Конструктивные решения. Расчеты. ООО ПБ «ТЕХНО-ПАРК». Екатеринбург. 2020 г.
3. «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Цех сборки модулей ВС №107». 2.660-КМ2-1 (КМ1). Проектная документация. Конструктивные решения. Расчеты на прогрессирующее обрушение. ООО ПБ «ТЕХНО-ПАРК». Екатеринбург. 2020 г.
4. Комплекс для изготовления оснований гравитационного типа и интеграции модулей верхних строений. Технический отчёт об инженерно-геологических изыскания. Ленморниипроект. 2018 г.
5. Проектная документация. Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Цех сборки модулей ВС №107». Основные несущие конструкции каркаса. ЦСКМС-ВС1-РД-002.4-КМ1. Техно-Парк. Екатеринбург. 2019 г.
6. Проектная документация. Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Цех сборки модулей ВС №107». Фундаменты. ЦСКМС-ВС1-РД-002.4-КЖ-01
7. Действующие нормативные своды правил на нагрузки и воздействия и проектирование конструкций.

# Исходные данные

Район строительства объекта – с. Белокаменка, Мурманская область.

Сооружение относится к нормальному уровню ответственности, класс сооружения — КС-2. Коэффициент надежности по ответственности — γn = 1.0.

Снеговой район — V, нормативное значение веса снегового покрова — 0.25 т/м2.

Ветровой район — IV, нормативное значение ветрового давления — 0.048 т/м2, тип местности по п. 11.1.6 СП 20.13330.2016 на период нормальной эксплуатации — А

Сейсмичность площадки строительства по карте OCP-2015-A — 6 баллов.

Расчетная температура наружного воздуха наиболее холодных суток согласно СП 131.13330.2012 (с обеспеченностью 0,98) — минус 35 °С.

## Конструктивные решения

В комплекте разработана часть несущих металлических конструкций каркаса здания окончательной сборки модулей ВС (цех № 107) в составе комплекса «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦCKMC). Комплекс для изготовления оснований гравитационного типа и интеграции модулей верхних строений».

Здание цеха прямоугольной формы в плане имеет общие габариты в осях 1-25/A-E 280.0 х 335.5 м, высотой 92.0 м в коньке. Здание запроектировано единым температурным блоком с учетом влияния возникающих температурных воздействий, в соответствии с требованиями раздела 15 СП16.13330.2017.

Вдоль оси Е к зданию примыкает цех № 203 меньшей высоты, каркасы зданий независимы и разделены деформационным швом.

В торцах здания по осям 1, 25 расположены откатные ворота высотой 54.5 м в крайних пролетах А-Б, Д-Е и 69.5 м в пролетах Б-Д. По оси А, между осями 14-18, расположены откатные ворота высотой 41.0 м, а по оси Е, между осями 14-18 – ворота высотой 18.0 м.

Конструктивная схема здания — каркасная. Каркас — металлический, рамно-связевой. Образован плоскими пятипролетными рамами, установленными в направлении цифровых осей с шагом 12.0 м, за исключением осей 14-18, где предусмотрен технологический проезд поперек пролетов через все здание, шириной 52 м.

## Инженерно-геологические условия строительства

Согласно СП 14.13330.2014 участок относится к II категории инженерно-геологических условий.

Отметки дна акватории в пределах участка изысканий составляют от 1.5 до –26.0 м.

На поверхности осушки присутствуют скопления глыб и валунов различного диаметра.

На основании геолого-литологического разреза, в соответствии с ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация», в пределах участка выделены в каждой подгруппе следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ) сверху-вниз:

Современные техногенные отложения (tIV)

– песок крупный и гравелистый — ИГЭ 111;

– песок средней крупности — ИГЭ 113;

– песок мелкий — ИГЭ 114;

– песок пылеватый — ИГЭ 115;

– глыбово-щебенистый грунт — ИГЭ 152;

Современные аллювиально-морские отложения (amIV)

– песок гравелистый — ИГЭ 211;

– песок средней крупности — ИГЭ 213;

– песок мелкий — ИГЭ 214;

– песок пылеватый — ИГЭ 215;

– супесь твердая — ИГЭ 221

– супесь пластичная — ИГЭ 222;

– супесь текучая — ИГЭ 223;

– суглинок тугопластичный — ИГЭ 233;

# Принятые при расчетном обосновании нагрузки и воздействия

При проектировании несущих конструкций сооружения значения нагрузок и воздействий и их сочетаний принимались в соответствии с техническим заданием, нормативными документами (СП 20.13330.2011, СП 20.13330.2016) и в соответствии с заданием на проектирование.

# Сравнительный анализ результатов альтернативных расчетов

В рамках научно-технического сопровождения были проанализированы результаты альтернативных расчетных исследований напряженно-деформированного состояния, динамики и устойчивости несущих конструкций сооружения «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Цех сборки модулей ВС №107»:

Расчет на прогрессирующее обрушение производился в программных комплексах ANSYS и ЛИРА 10.

Сопоставительный анализ результатов расчетов показал различие, по основному набору значимых критериев не превышающее ±2%, а максимальные расхождения по критериально незначимым не превышают 14.5% (при безусловном выполнении нормативных критериев несущей способности)

## Общие данные по сопоставлению результатов расчетов

При расчете по второму предельному состоянию коэффициенты надежности по нагрузке принимаются равными 1.0, при этом для вертикальных перемещений и прогибов учитываются только длительные составляющие нагрузок. Горизонтальные перемещения принимаются определяются от длительных составляющих гравитационных нагрузок и расчетных ветровых нагрузок при γf = 1.0.

Расчетные комбинации:

РСН-1: Собственный вес.

РСН-2 и РСН-3: Собственный вес + Постоянная нагрузка + Временная нагрузка + Снег по карте 1

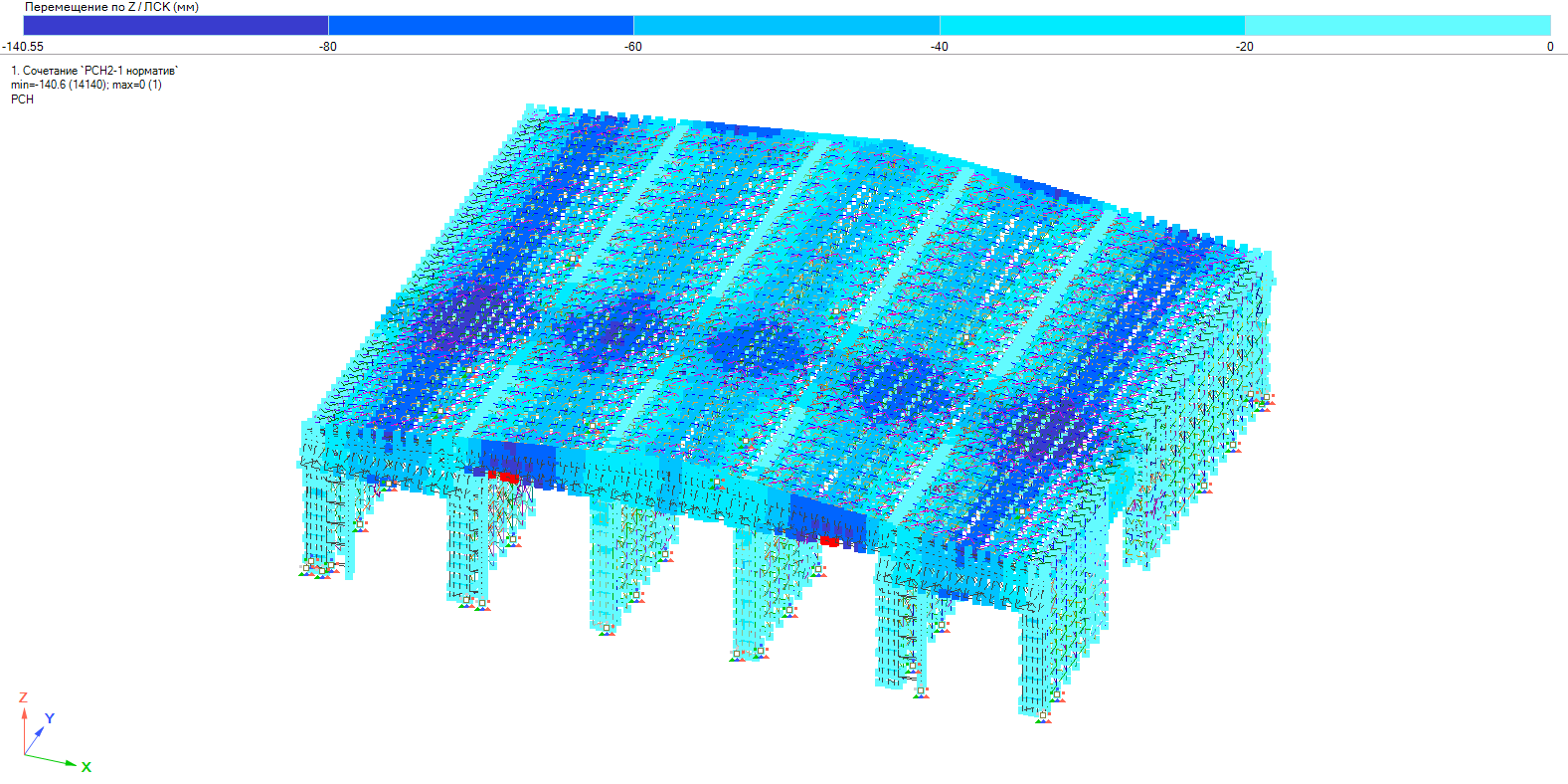
РСН-4 (для модели 1-14/А): Собственный вес + Постоянная нагрузка + Временная нагрузка + Снег по карте 1 + Кран 1 (Загружение 42)

РСН-5 (для модели 1-14/Е): Собственный вес + Постоянная нагрузка + Временная нагрузка + Снег по карте 1 + Кран 1 (Загружение 42)

РСН-6 (для модели 18-24/А): Собственный вес + Постоянная нагрузка + Временная нагрузка + Снег по карте 1 + Кран 1 (Загружение 42)

РСН-7 (для модели 18-24/Е): Собственный вес + Постоянная нагрузка + Временная нагрузка + Снег по карте 1 + Кран 1 (Загружение 42)

**ЛИРА 10**



**ЛИРА-САПР**

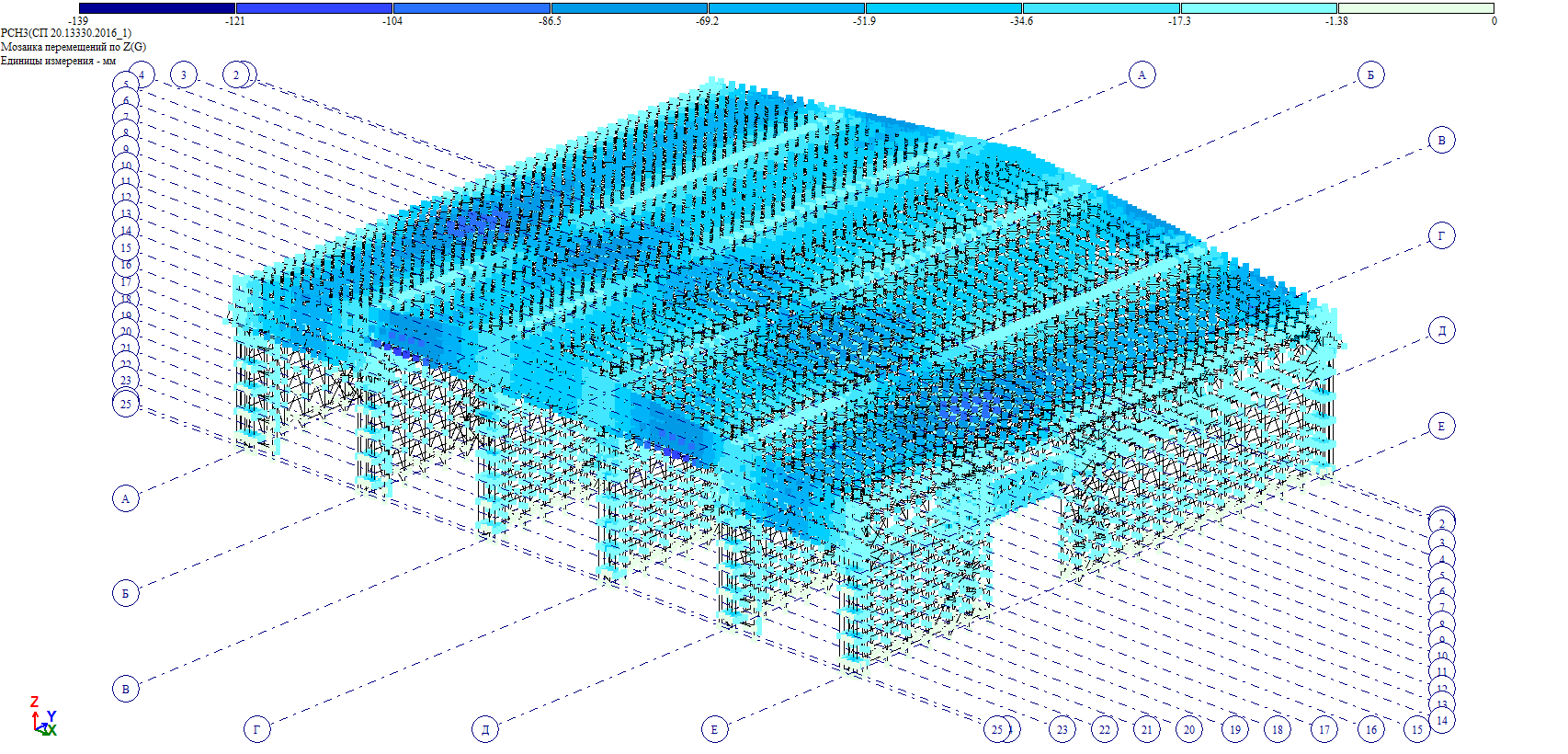


Рис. . — . Вертикальное перемещение по РСН-3, мм

(максимальные по модулю – 141 мм и 139 мм, соответственно)

## Модель Блок 1-14/А

**ЛИРА 10**



**ЛИРА-САПР**

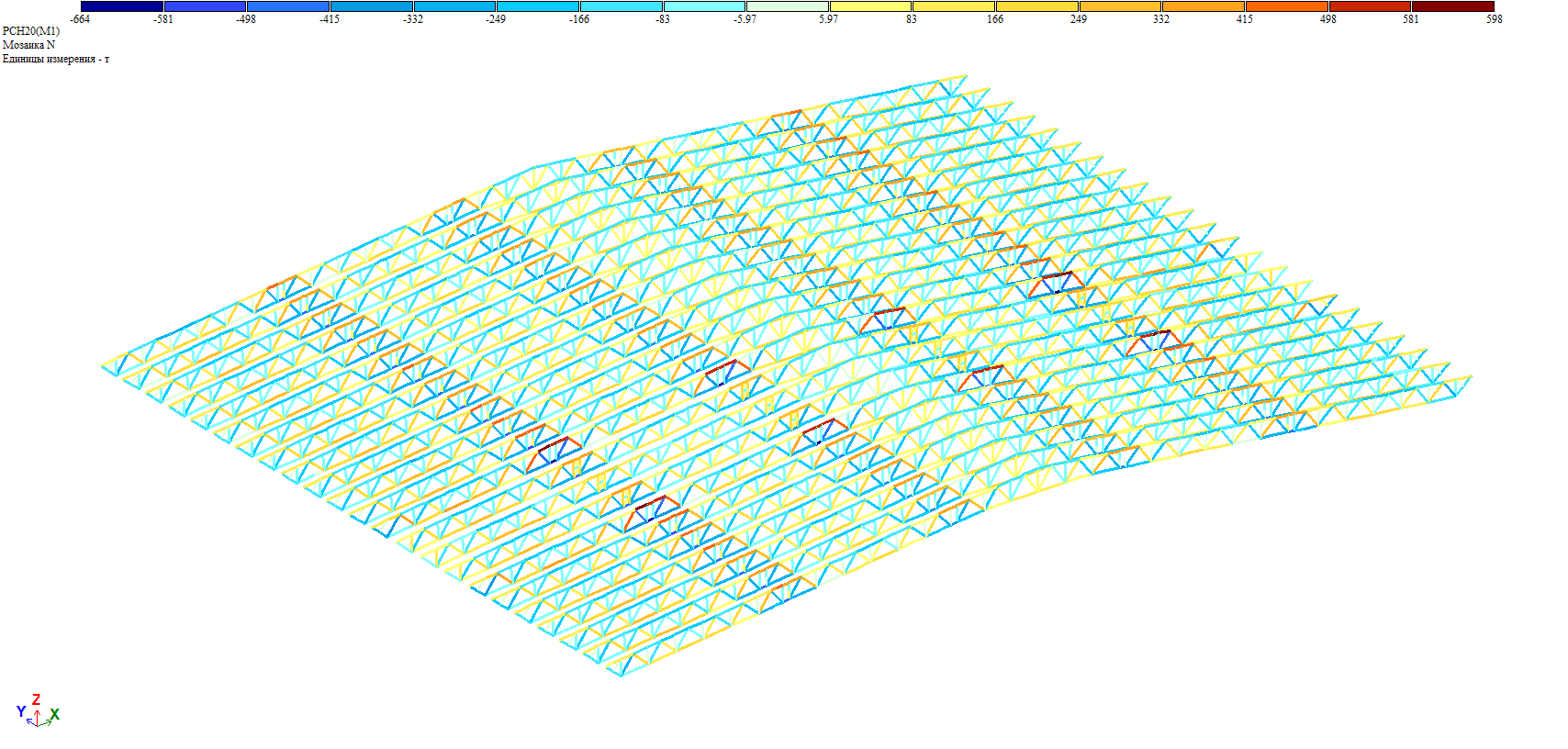


Рис. . — Продольные усилия в элементах стропильных ферм по РСН-4, т

**ЛИРА 10**



**ЛИРА-САПР**

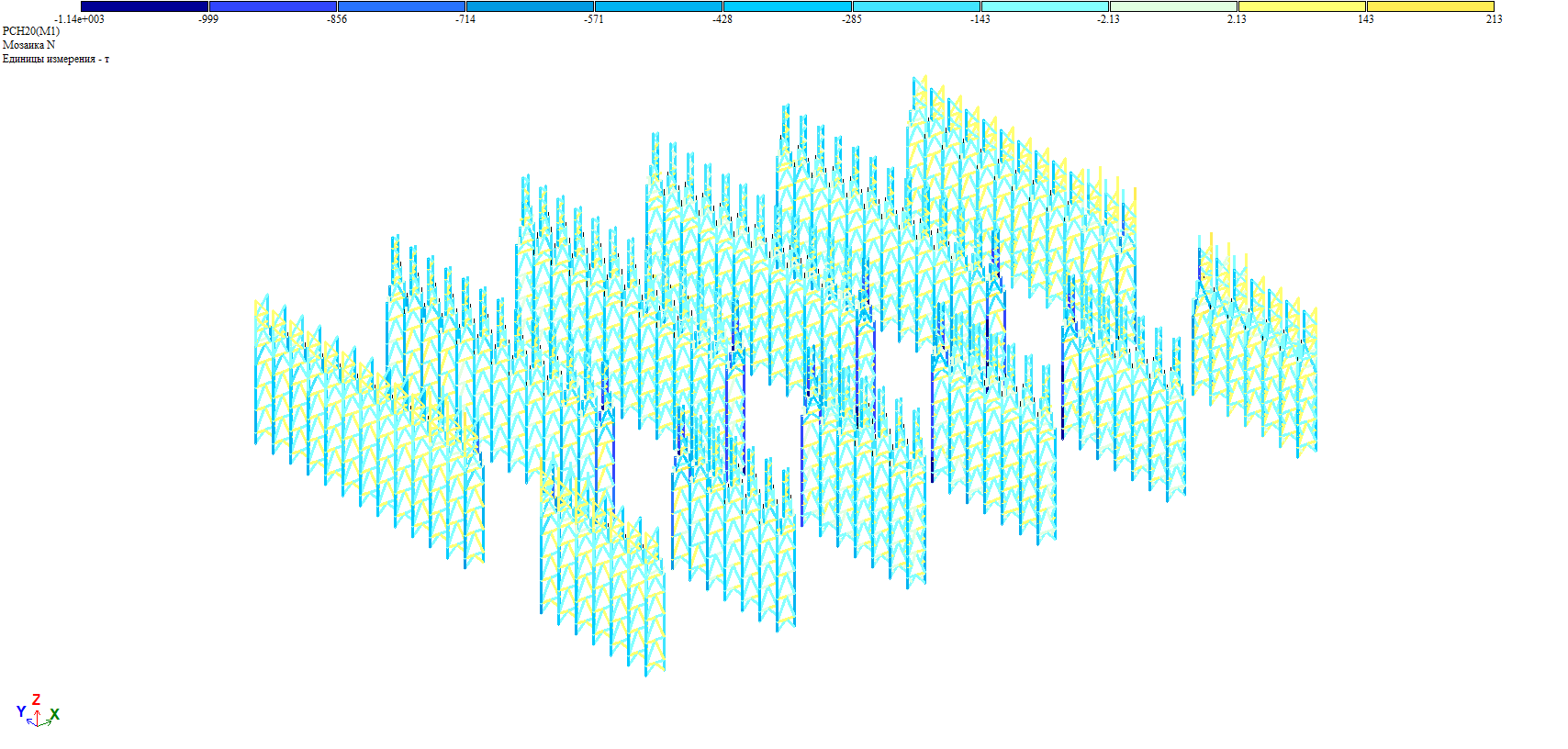
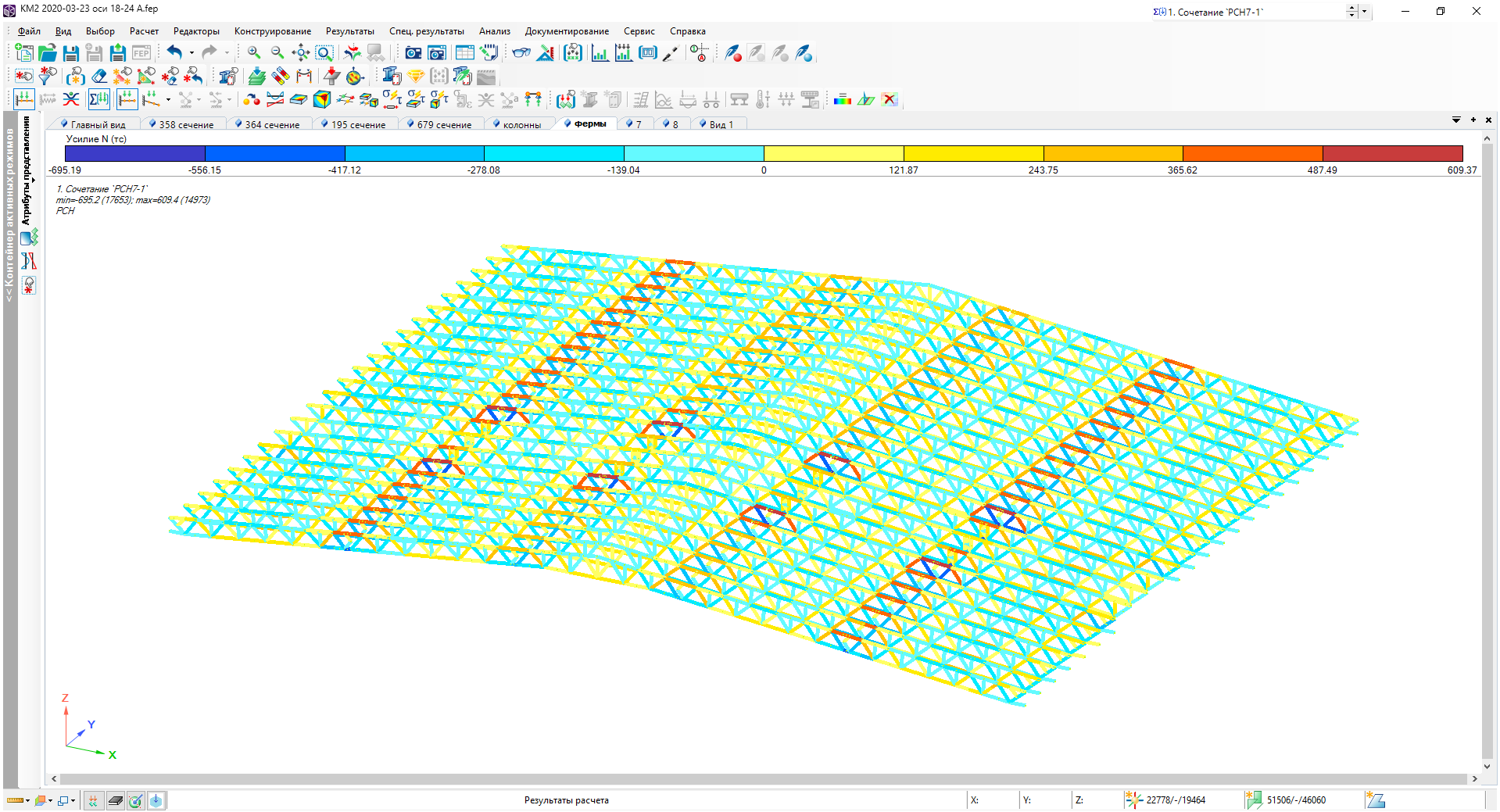


Рис. . — Продольные усилия в элементах колонн по РСН-4, т

## Модель Блок 18-24/А

**ЛИРА 10**



**ЛИРА-САПР**

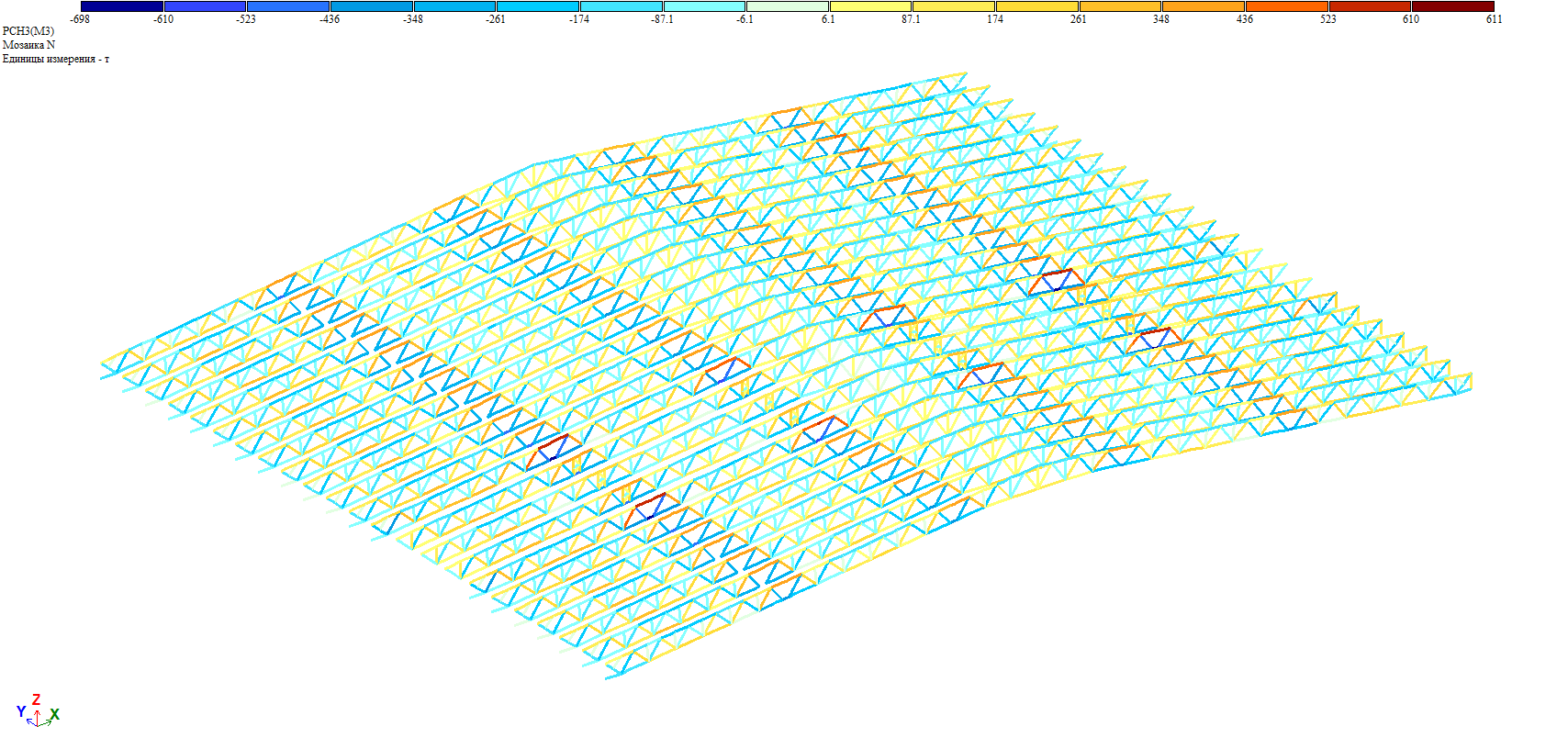
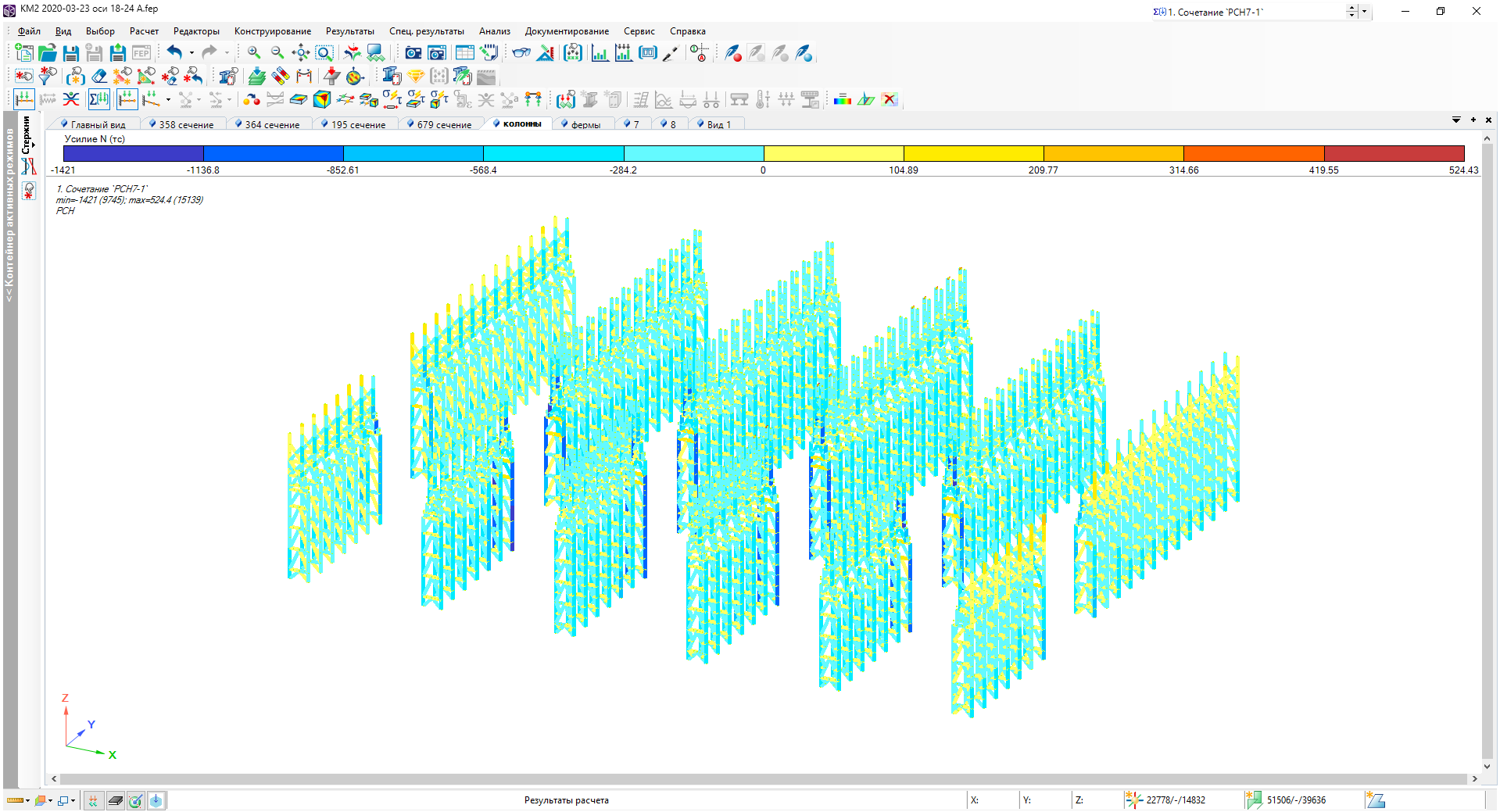


Рис. . — Продольные усилия в элементах стропильных ферм по РСН-6, т

**ЛИРА 10**



**ЛИРА-САПР**

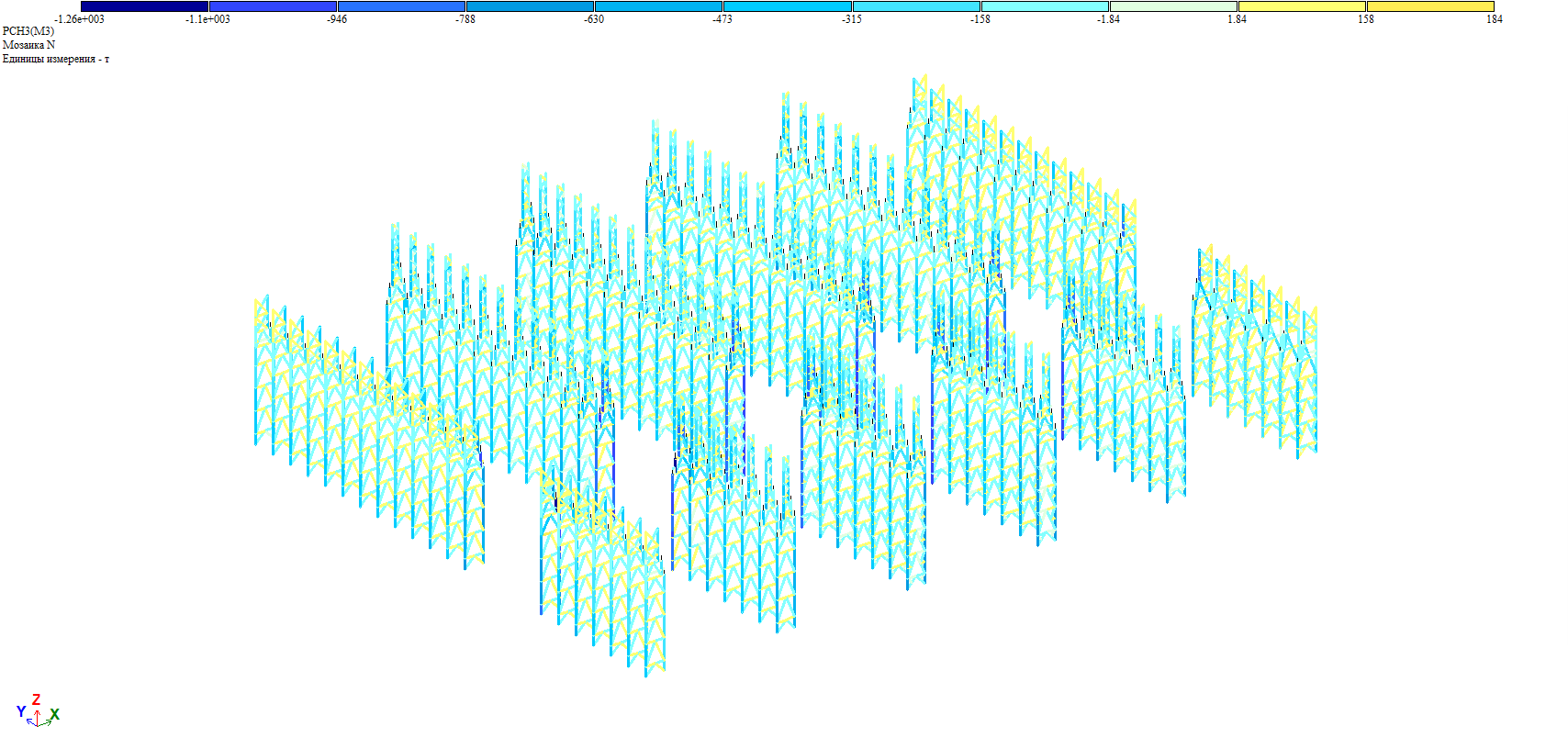


Рис. . — Продольные усилия в элементах колонн по РСН-6, т

# Сравнительный анализ расчетов на прогрессирующее обрушение

Коэффициент надежности по ответственности при расчете на прогрессирующее обрушение принят равным 1.0. В процессе выключения элементов происходит резкое возрастание перемещений, скоростей деформирования и кинетической энергии по схеме. В дальнейшем за счет достаточной жесткости конструкций происходит стабилизация с перераспределением усилий и падением кинетической энергии.

Согласно проведенным расчетам подтверждена устойчивость сооружения к прогрессирующему обрушению.

В программном комплексе ЛИРА 10 расчетные усилия, полученные по 16 сценариям, не превышают расчетные для основных комбинаций.

Согласно проведенным в программном комплексе ANSYS Mechanical расчетам (для 18-и представительных сценариев инициирующего локальных разрушений) подтверждена устойчивость сооружения к прогрессирующему обрушению.

# Выводы

1. Принятые конструктивные решения для рассматриваемого объекта «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Комплекс для изготовления оснований гравитационного типа и интеграции модулей верхних строений. Комплекс изготовления модулей верхних строений. Здание сборки модулей ВС (цех № 107)» соответствуют требованиям действующих регламентирующих нормативных документов и результатам выполненных альтернативных расчетных исследований.

2. В соответствии с техническим заданием и «Рекомендациями…» Главгосэкспертизы России в настоящем «Заключении…» выполнена проверка разработанных альтернативных расчетных моделей объекта (в лицензионных верифицированных (в РААСН) и сертифицированных (в ЦСПС) программных средствах), проведено сопоставление результатов альтернативных расчетов и подтверждено их приемлемое соответствие.

3. На основании сравнительного анализа результатов альтернативных расчетов (ЗАО НИЦ СтаДиО – ПК ЛИРА-САПР; Техно-Парк – ЛИРА 10) следует сделать вывод о приемлемом соответствии значимых параметров напряженно-деформированного состояния (перемещений, усилий) несущих конструкций объекта при основных сочетаниях нагрузок и воздействий - различие по основному набору значимых критериев не превышает 2%.

4. Анализ результатов статического расчета показал непротиворечивую картину распределения перемещений и усилий (сил и моментов) в несущих элементах Объекта. Критериальные значения кинематических и силовых параметров несущих конструкций находятся в диапазоне нормативно-регламентированных величин.

5. Выполненные расчетные исследования для 18-и представительных сценариев гипотетических локальных разрушений (в ПК ANSYS Mechanical – в нелинейной динамической постановке, в ПК ЛИРА 10.8 – в квазистатической постановке, соответственно) подтверждают устойчивость объекта к прогрессирующему обрушению.

6. Из вышеизложенного следует, что результаты выполненных альтернативных расчетов НДС и нормативных оценок несущей способности при основных и особых сочетаниях нагрузок и воздействий являются надежным расчетно-теоретическим обоснованием механической безопасности принятых конструктивных решений для объекта «Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС). Комплекс для изготовления оснований гравитационного типа и интеграции модулей верхних строений. Комплекс изготовления модулей верхних строений. Здание сборки модулей ВС (цех № 107)».