

АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Тлеуова А.М.

Кранның өзекшелік түрін есептеу кушитің деңгейін бағалау арқылы және алдыңғы нәтижені айқындау үшін мақсатқа лайықты шешім қабылдануы негізінде алғашқы анығырақ күшті деформацияланған күйге жақын болып табылады.

The account of rod analogue of the crane is the first approach is really intense - is deformed condition, on the basis of which the estimation of a level of pressure is made and is made a decision on expediency of the further specification of results.

Характеристики напряженно-деформированного состояния (НДС), определенные из расчета стержневого аналога стрелы, являются лишь первым и в значительной мере грубым приближением действительного распределения напряжений и деформаций. При этом из рассмотрения выпадают зоны концентрации напряжений, связанные с конструктивными особенностями металлоконструкций, напряжения, которые не учитываются теорией бруса, например поперечное обжатие, напряжения в подкрепляющих элементах и т.п. На практике это приводит к завышенным коэффициентам запаса прочности, неоправданной металлоемкости конструкций, а в отдельных случаях недооценка таких факторов может привести к потере прочности.

Поэтому прибегают к уточненному расчету лишь отдельных частей или фрагментов металлоконструкций, выбранных на основании анализа напряженного состояния стержневого аналога стрелы.

Фрагмент коробчатой оболочки образуется двумя сечениями, отсекающими часть металлоконструкции от остального их объема. Появляется возможность с достаточной полнотой описать статическую работу фрагмента двумерными треугольными конечными элементами (КЭ). Силы, действующие на торцовых сечениях фрагмента со стороны отброшенных частей стержневого аналога стрелы, определяются на основе метода сечений [1]. Это шесть внутренних силовых факторов (φ_x ; φ_y ; φ_z ; u_x ; u_y ; u_z) перемещения и углы поворота, которые для фрагмента становятся внешними нагрузками, приложенными в центре тяжести каждого из двух этих сечений.

Осложняется формулировка граничных условий. Если формулировка естественных граничных условий в перемещениях для конструкции в целом не вызывает в большинстве случаев никаких затруднений, то во фрагменте естественные связи могут частично или целиком отсутствовать. В последнем случае на фрагмент действует уравновешенная система внешних сил. Поэтому для обеспечения кинематической неизменяемости фрагмента вводятся искусственно связи с таким расчетом, чтобы возникающие в этих связях реакции имели минимальную, близкую к нулю величину. Это будет означать, что искусственные связи не искажают статическую работу фрагмента.

Производим нумерацию кругами, постепенно продвигаясь вдоль длинной оси расчетной схемы и не пропуская присоединенные части расчетной схемы.

Номера КЭ не оказывают влияния на время счета и назначают в произвольном порядке.

Внешняя нагрузка на фрагмент складывается из двух частей: приходящейся на область фрагмента заданной внешней нагрузки и нагрузки от влияния отброшенных при фрагментировании частей стрелы. Последняя состоит из системы сосредоточенных узловых сил, эквивалентных внутренним силовым факторам в сечениях.

Большое значение приобретает исследование напряженного состояния опорных узлов стрел порталных кранов повышенной грузоподъемности, так как при этом значительно возрастают местные напряжения и прочие эффекты в зонах приложения сосредоточенных сил и изменения геометрии стрелы. Размеры металлоконструкции таких стрел делают их расчеты по пространственной расчетной схеме практически возможными принимая несмотря на чрезмерную трудоемкость образования и записи исходной информации для вычислительного комплекса.

Требуется уточненное определение напряженного состояния всех элементов крана с учетом многочисленных факторов распределения нагрузки и геометрии конструкции, так как опыта проектирования подобных кранов в нашей стране не было. Стрела порталного крана представляет собой сложную оболочечную систему, образованную из пластинчатых элементов, ребер жесткости и плоских диафрагм.

Расположение расчетных сечений назначаем так, чтобы можно было установить внутренние силовые факторы в торцовых сечениях рассматриваемого фрагмента. Далее образуем пространственную расчетную схему фрагмента, включающего опорный узел, с использованием двумерных КЭ [2].

Фрагмент опорного узла отличается усложненной геометрией, поперечное сечение стрелы существенно изменяется в двух проекциях, увеличено насыщение коробчатой оболочки элементами подкрепления, которые включают три диафрагмы, продольные переборки, многочисленные ребра жесткости. Каждый из двух концов вилки снабжен массивной втулкой, через которую нагрузка передается на платформу. Для оценки прочности опорного узла стрелы необходимо получить уточненные характеристики напряженного состояния, учитывающие перераспределение силового потока в области с изменяющейся геометрией.

Нижняя плита фрагмента является зеркальным отражением верхней и описывается в расчетной схеме аналогичным набором КЭ. Относительной сложностью отличается сетка КЭ скошенной части боковой стенки фрагмента. Верхняя и нижняя стороны контура, линии примыкания ребер жесткости, обозначенные утолщенными линиями, непараллельный относительно друг друга, это затрудняет совмещение узлов плоских КЭ. Кроме того, следует помнить, что по линиям примыкания боковой стенки к верхней и нижней плитам фрагмента требуется обеспечить совпадение узлов. Поэтому общие стороны треугольных КЭ боковой стенки и плит должны совмещаться. Для упрощения определения координат узлов схема должна представлять собой проекцию боковой стенки фрагмента на плоскость глобальной системы

координат (ГСК). Ребра жесткости стенки также аппроксимируются КЭ стержня пространственной рамы.

При построении сетки КЭ второй части боковой стенки фрагмента необходимо обеспечить совпадение узлов по общей линии с первой ее частью и с прочими частями расчетной схемы опорного узла. Особенность конечного участка сетки состоит в том, что к ней крепится цилиндрическая массивная втулка опоры стрелы. Для корректного описания передачи нагрузки в соединении с осью вилки цилиндрическая втулка совместно с осью аппроксимируется жесткой вставкой (конечные элементы). Окружность цилиндрической втулки моделируется восьмигранным многоугольником. Диаметр описанной окружности многоугольника принят равным среднему диаметру втулки, а жесткость вставки в исходной информации на порядок превышает жесткость КЭ стенки фрагмента.

Такая же жесткая вставка включена в схему продольной переборки с подкрепленным вырезом. Обе эти вставки, жестко соединенные торцовой перегородкой, образуют аналог оси вилки.

Прямоугольные очертания левой торцовой сетки фрагмента упрощают операцию разделения на КЭ. Предпочтение отдаем прямоугольным КЭ, а треугольные применяем для образования дополнительных узлов по линиям совмещения с другими частями расчетной схемы. Такой же характер имеют сетки КЭ неполной диафрагмы и высокостенного ребра жесткости правого торцового сечения фрагмента. При образовании сетки КЭ отдельных частей фрагмента придерживаемся одной и той же частоты деления, если по условиям геометрии или нагрузки не предусматривается более подробное описание какой-либо области [3].

После разделения всех частей расчетной схемы на КЭ внимательно проверяем совмещение узлов вдоль общих линий, по которым эти части соединяем в одно целое. После этого можно приступить к нумерации узлов в едином для всей расчетной схемы порядке. Для экономии машинного времени счета задачи, узлам присваиваются номера в круговом порядке с поступательным переходом от одного пояса к другому вдоль длинной оси системы. В данном случае это будет ось ГСК фрагмента. Важно не упустить при нумерации ни одного узла, так как включение его потребует новой повторной нумерации всех узлов системы.

Расчетная схема фрагмента во всех частях построена с приблизительно одинаковой густотой сетки КЭ. Сложная геометрия опорной части стрелы затрудняет предварительный прогноз распределения напряжений. Вместе с тем расчетная схема достаточно детально описывает статическую работу металлоконструкции узла, чтобы полученные в результате счета характеристики напряженного состояния были достоверным приближением к действительности. Для решения задачи НДС коробчатого сечения делим сечение на 590 КЭ и общее число неизвестных узловых перемещений составит 2133 при общем числе КЭ в расчетной схеме.

Результаты расчета фрагмента опорной части стрелы показывают, что металлоконструкция прочно сопротивляется статическому нагружению со значительным резервом по отношению к допускаемому напряжению. В верхней части фрагмента сохраняется изгибный характер напряженного состояния,

свойственный металлоконструкции стрелы (рис.1). Влияние продольной силы приводит к повышенным значениям сжимающих напряжений в нижней плите фрагмента по сравнению с напряжениями в верхней. В нижней расширенной части вилки силовой поток перераспределяется, разгружая внешнюю оболочку фрагмента. Наибольшее нелинейное напряжение 80,6 МПа имеет место в передней части нижней плиты в центре тяжести КЭ под действием нагрузки при вылете 30 м(рис.2).

Задняя стенка вилки более напряжена также при вылете 18 м, однако наибольшее нелинейное напряжение намного ниже допускового и равно 45,3 МПа. Ещё меньше нелинейные напряжения в элементах подкрепления.

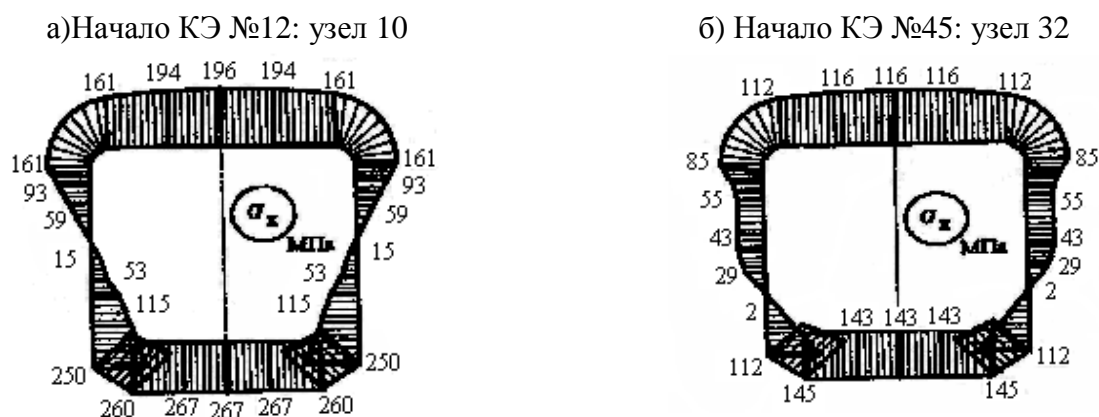


Рис.1 - Эпюры начальных нелинейных напряжений в КЭ №12 и №45 РСМ

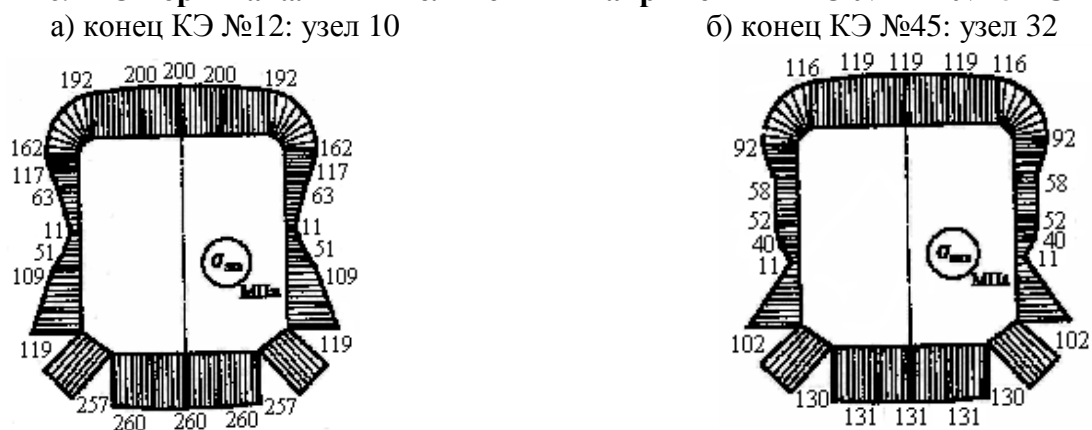


Рис. 2 -Эпюры конечных нелинейных напряжений в КЭ №12 и №45 РСМ

Расчет по пространственной расчетной схеме с использованием пространственных КЭ обеспечивает учет многих факторов напряженного состояния, которые не принимаются во внимание в расчетах по стержневой расчетной схеме. Поэтому резервы прочности, обнаруженные расчетом по методу конечных элементов, с достаточным основанием могут быть использованы при проектировании металлоконструкций. С этой точки зрения эффективность конструкций можно существенно повысить путем применения САПР (систем автоматизированного проектирования), в которых анализируются многие варианты конструктивного исполнения.

Литература:

1. Абрамович И.И., Котельников Г.А. Козловые краны общего назначения. М.: Машиностроение, 1983.-232с.
2. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. М.: Высшая школа, 1979.-500с.
3. Артемьев П.П., Брауде В.И., Гаранин Н.П. Грузоподъемные машины на речном транспорте. М.: Транспорт, 1981.-245с.