

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2022, №6, Том 10 / 2022, No 6, Vol 10 <https://mir-nauki.com/issue-6-2022.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/16PDMN622.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Шагисултанова, Ю. Н. К вопросу о структурном анализе сооружений для формирования расчетной конструктивной схемы / Ю. Н. Шагисултанова, А. В. Панфилов // Мир науки. Педагогика и психология. — 2022. — Т. 10. — № 6. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/16PDMN622.pdf>

**For citation:**

Shagisultanova Ju.N., Panfilov A.V. On the issue of structural analysis of structures for the formation of a design structural scheme. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 2022; 10(6): 16PDMN622. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/16PDMN622.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

**Шагисултанова Юлия Николаевна**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Старший преподаватель кафедры «Строительной механики»

E-mail: [julia.shagisultanova@gmail.com](mailto:julia.shagisultanova@gmail.com)

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=757694](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=757694)

**Панфилов Александр Владимирович**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Доцент кафедры «Архитектуры и градостроительства»

Кандидат архитектуры, доцент

E-mail: [archi-zoom@yandex.ru](mailto:archi-zoom@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8602-6399>

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=675474](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=675474)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57190865509>

Web of Science: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/N-7485-2017>

## К вопросу о структурном анализе сооружений для формирования расчетной конструктивной схемы

**Аннотация.** 2020 год, ознаменовавшийся глобальной пандемией, выявил ряд общесистемных кризисов, в том числе в области высшего образования и в преподавании дисциплины «Строительная механика» в частности, которые оставались незамеченными в обыденных условиях существования. В более ранних авторских статьях уже отмечался положительный характер применения разработанной авторами настоящей статьи методики преподавания с использованием рабочих тетрадей. Однако в условиях массового перехода на дистанционную форму ведения занятий, выявился ряд проблем, возникающих у студентов. Одной из таких проблем, суть которой заключается в том, что в современной учебной литературе описывается кинематический анализ множества разных сооружений, но не разделение одной схемы на различные части и анализ правильности скрепления этих частей друг с другом и с землей и как вытекающее следствие — принципиальное понимание формирования расчетной модели особенно статически неопределимой конструкции (сооружения). В следствии этого, то, что легко воспринималось студентами в начале обучения в дальнейшем приводит к непониманию работы более сложных и нестандартных задач при реальном проектировании. В ходе экспериментальной разработки в ТИУ был применен метод, который фактически являлся обновленным повтором кинематического и структурного анализа при решении статически неопределимых задач методом сил, что получило положительный отклик как со стороны обучающихся как творческих, так и технических направлений, а также профессорско-преподавательского состава, продолжающих обучение студентов на старших

курсах. Именно описанию новой методики преподавания кинематического анализа и посвящена настоящая статья.

**Ключевые слова:** строительная механика; кинематический анализ; структурный анализ; диск; одиночный и кратный шарниры; врезка шарнира; методика преподавания

### Введение

На первоначальном этапе изучения курса «Строительной механики» студенты рассматривают расчёт конструкций. Самым первым они учатся проводить кинематический и структурный анализ сооружений. При проведении кинематического анализа сооружений, на первых этапах работы с ним, студенты испытывают трудности, связанные с правильной оценкой количества дисков, шарниров и опор. Нынешнее поколение обучающихся в большинстве своем имеют, так называемое «клиповое мышление». Оно связано с тем, что, ухватывая общую картину, очень небрежно в большинстве своем относятся к деталям, касающимся самого изображения схем. Эту качественную особенность необходимо учитывать при изучении технических расчетных дисциплин.

Замечено, что при переходе к оценке более сложных конструкций означенная ранее проблема восприятия начинает приобретать накопительный эффект. Основные ошибки, совершаемые при расчете — неправильная оценка скрепления отдельных дисков в единое целое и (или) разделение конструкций на отдельные элементы. В дальнейшем, при переходе к расчёту статически неопределимых конструкций, это приводит к возникновению большого количества ошибок при выборе основной системы или её закрепления, когда идёт расчёт конструкции методом перемещений.

В классических учебниках и пособиях как издаваемых за рубежом [1–6], так и в отечественных изданиях<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>, а в настоящей статье основной ориентир принят на именно на русскоговорящих студентов, этому разделу посвящено достаточно много материала, однако весь он приводится исключительно для различных стержневых систем. В связи с этим возникла необходимость выработки иного подхода к освещению данного вопроса в ходе процесса обучения студентов по дисциплине «Строительная механика». В основу новой методики

---

<sup>1</sup> Дарков, А.В. Строительная механика / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. — Москва: Высшая школа, 1986. — 607 с. — Текст: непосредственный.

<sup>2</sup> Дыховичный, А.И. Строительная механика. Сокращенный курс. / А.И. Дыховичный. — Москва: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953. — 284 с. — Текст: непосредственный.

<sup>3</sup> Иванов, Г.М. Статика сооружений / Г.М. Иванов, Р.Н. Вейц. — Ленинград: Изд. литературы по строительству, 1968. — 207 с. — Текст: непосредственный.

<sup>4</sup> Киселев, В.А. Строительная механика: общий курс / В.А. Киселев. — Москва: Стройиздат, 1986. — 520 с. — Текст: непосредственный.

<sup>5</sup> Рабинович, И.М. Курс строительной механики стержневых систем. Часть 1 Статически определимые системы / И.М. Рабинович. — Изд. 2-е, переработанное. — Москва: Государственное изд-во строительной литературы, 1950. — 387 с. — Текст: непосредственный.

<sup>6</sup> Снитко, Н.К. Строительная механика / Н.К. Снитко. — Москва: Высшая школа, 1980. — 431 с. — Текст: непосредственный.

<sup>7</sup> Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений / под ред. А.Ф. Смирнов / А.Ф. Смирнов, А.В. Александров, Б.Я. Лащеников, Н.Н. Шапошников. — Москва: Высшая школа, 1984. — 415 с. — Текст: непосредственный.

положена концепция аналитического осмысления студентами самого процесса выбора расчетной модели и составляющих ее элементов.

## 1. Актуальность

Суть проблемы заключалась в том, что в официальных современных учебниках<sup>8,9</sup>, равно как и на первых парах образовательного процесса в Тюменском индустриальном университете (далее — ТИУ), описывается кинематический анализ множества разных сооружений, но не разделение одной схемы на различные части и анализ правильности скрепления этих частей друг с другом и с землей. Такая методика решения в дальнейшем, при переходе к статически неопределимым конструкциям, не только не позволяла студентам выбрать самостоятельно наиболее оптимальную и выгодную расчетную схему метода сил, но даже правильную схему для решения. То, что казалось понятным на первом занятии, больше не удовлетворяло пониманию сути кинематического и структурного анализа сооружения, и резко ограничивало возможности будущих специалистов творчески подходить к решению сложных и нестандартных задач в реальной жизни.

Данный метод уже был опробован на практике в ходе ведения занятий в ТИУ, фактически был произведен обновленный повтор кинематического и структурного анализа при решении статически неопределимых задач методом сил. Он получил положительных отклик как со стороны студентов, так и со стороны преподавательского состава.

## 2. Основные положения методики

Рассмотрим предлагаемую концепцию формирования ключевых навыков кинематического и структурного анализа сооружений более подробно.

В курсе «Строительной механики» даются понятия:

1. Диск — любое сплошное тело, сохраняющее свою геометрическую неизменяемость.
2. Опорный стержень — элемент, соединяющий конструкцию с землей.
3. Простой (одинарный) и (или) кратный шарнир.

Исходя из классической формулы, нахождения кратности шарнира, т. е. его эквивалентности простым одиночным имеем:

$$Ш = Д - 1,$$

где  $Ш$  — количество одиночных шарниров, связывающих внутренние части конструкции,  $Д$  — количество дисков и (или) стержней, входящих в данный узел. Само количество дисков, входящих в узел, необходимо оценивать следующим образом: надо мысленно вырезать узел из конструкции, обрезав все стержни и смотреть сколько их входит в узел (рис. 1а). Иногда диск бывает один, но с внутренним шарниром. Расчет его кратности (рис. 1б).

---

<sup>8</sup> Строительная механика. Основы теории с примерами расчетов: учебник / под ред. А.Е. Саргына / А.Е. Саргына, А.Т. Демченко, Н.В. Дворячиков, Г.А. Джинчвелашвили. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Высшая школа, 2000. — 416 с. — Текст: непосредственный.

<sup>9</sup> Шакирзянов, Р.А. Краткий курс лекций по строительной механике. Учебное пособие / Р.А. Шакирзянов, Ф.Р. Шакирзянов. — 2-ое изд. перераб. и доп. — Казань: КГАСУ, 2014. — 144 с. — Текст: непосредственный.

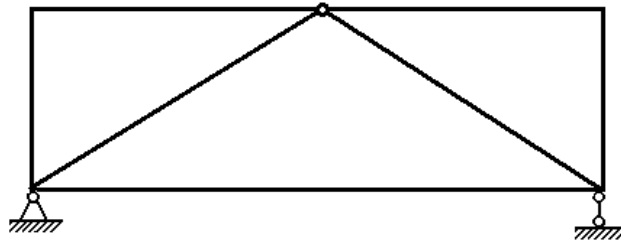
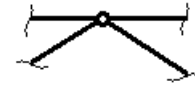


Рисунок 1а. (Составлено авторами)



Кратность шарнира:  $Ш = 3$ , т. к. 4 стержня входит в данный узел

Рисунок 1б. (Составлено авторами)

Для расчета степеней свободы применяется формула Чебышева:

$$W = 3 \cdot D - 2 \cdot Ш - C_0, \quad (1)$$

где  $D$  — количество дисков в системе,  $Ш$  — количество одиночных шарниров, связывающих внутренние части конструкции,  $C_0$  — количество опорных стержней, связывающих конструкцию с землёй. Однако эту формулу необходимо расширить для более сложных конструкций (приведём её далее).

«Для конструкций со сложным внутренним образованием можно указать на следующий общий приём определения степени статической неопределимости»:

$$W = 3 \cdot D - 2 \cdot Ш - C_0 - 3 \cdot \text{Колич. замкн. конт.} \quad (2)$$

Первое, что необходимо показать, как расположение внутренних шарниров влияет на вид и свойства конструкций. Поясняем это на простейшем примере (рис. 2–4).

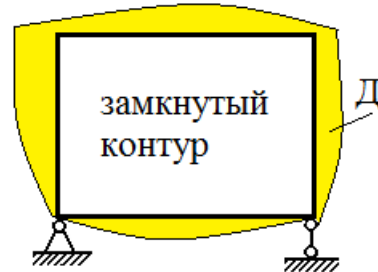
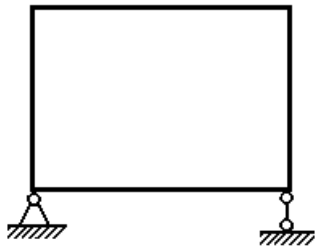


Рисунок 2. (Составлено авторами)

Рассчитаем число степеней свободы данной рамы (рис. 2) по расширенной формуле Чебышева (2), т. к.: данная система имеет замкнутый контур (опорные стержни у нее приставные):

$$W = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 0 - 3 - 3 \cdot 1 = -3,$$

Расчет показал наличие трех «лишних связей».

Далее рассматриваем очень визуально похожую конструкцию (рис. 3), но у нее нет замкнутых контуров, т. к. левая опора врезана, следовательно, появился один внутренний шарнир:

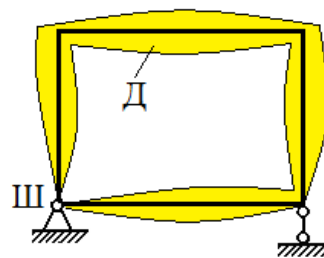
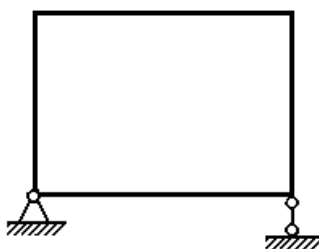


Рисунок 3. (Составлено авторами)

$$W = 3 \cdot Д - 2 \cdot Ш - C_0 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 - 3 = -2.$$

Имеется две «лишние связи».

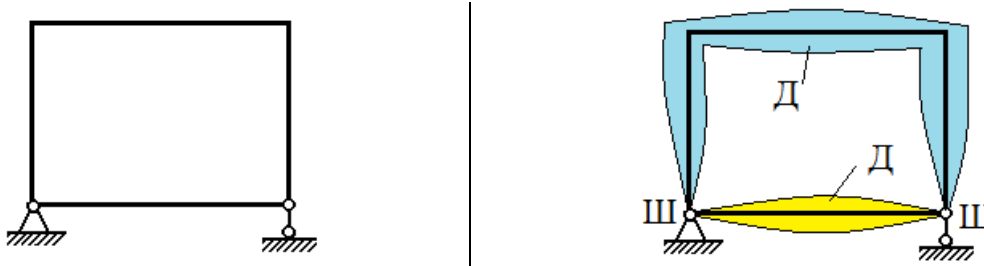


Рисунок 4. (Составлено авторами)

Для (рис. 4) обе опоры врезаны, что привело к образованию уже двух дисков:

$$W = 3 \cdot Д - 2 \cdot Ш - C_0 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 3 = -1.$$

Как видно из расчета, несмотря на визуальную похожесть данных схем, это абсолютно разные конструкции и у них различная степень сложности расчета. Схема рисунка 2 требует наибольшее количество усилий для ее решения. Этот пример призван показать, что необходимо внимательно относиться к изображениям заданных схем, мест и способов расположения шарниров.

Далее проведём анализ одной стержневой конструкции (рис. 5), которую будем по-разному расчленять на диски, скреплять их различно между собой, а потом с землей. Также будем анализировать число степеней свободы полученных рам по формуле Чебышева (1) или (2).

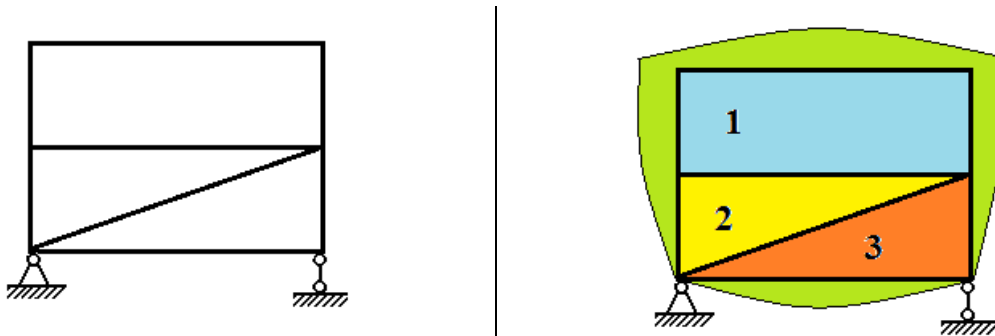


Рисунок 5. (Составлено авторами)

Рисунок 6. (Составлено авторами)

Проанализируем схему рисунка 5. Т. к. эта конструкция не содержит шарниров, то она является единым диском.

Как видно из рисунка 6 внутри трёх контуров (1, 2, 3) мы не попали, следовательно, они (контур) являются внутренне статически неопределимыми. Хотя внешняя неопределимость у данной схемы отсутствует, потому что имеется только три необходимых опорных стержня. Однако:

$$W = 3 \cdot Д - 2 \cdot Ш - C_0 - 3 \cdot \text{Колич.з.к.} = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 0 - 3 - 3 \cdot 3 = -9,$$

т. е. данная схема 9 раз статически неопределима.

Разрезая каждый замкнутый контур, мы имеем в каждом по три усилия: изгибающий момент, поперечную силу и продольное усилие.

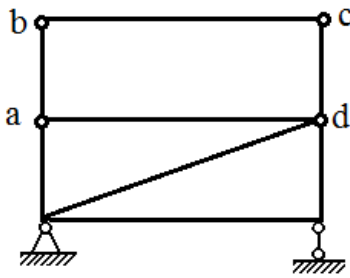


Рисунок 7а. (Составлено авторами)

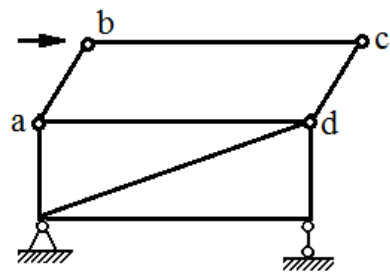


Рисунок 7б. (Составлено авторами)

Врезка шарнира снижает степень неопределимости на единицу, поэтому попробуем понять закономерности образования различных систем, в зависимости от вида врезаемых шарниров. За основу возьмём схему рисунка 5. Врежем 4 визуальных шарнира (как показано на рисунке 7а) и увидим, что верхняя часть рамы при малейшей нагрузке, приложенной в узел **б**, сместилась без деформации ее частей (стержней) (рис. 7б). Следовательно, она стала механизмом. Значит надо внимательно проанализировать сколько же шарниров мы реально врезали. В узле **а** —  $III = 3 - 1 = 2$ , в узле **д** —  $III = 4 - 1 = 3$ , в узлах **б** и **с** по одному. Фактически было врезано 7 шарниров, хотя для того, чтобы её привести к статически определимой требовалось 9 шарниров, как показал предварительный расчет. В получаемой конструкции врезка шарниров должна проводиться таким образом, чтобы не допускать появления шарнирных прямоугольников, приводящих к образованию механизмов.

Попробуем врезать шарниры различными способами с учетом данного требования (рис. 8а–9а) и проанализируем полученные схемы (рис. 8б–9б).

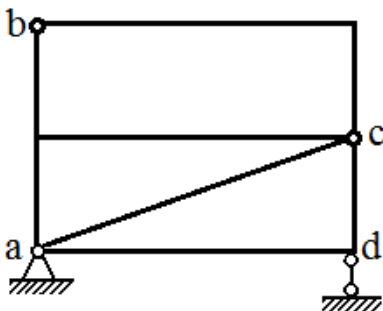


Рисунок 8а. (Составлено авторами)

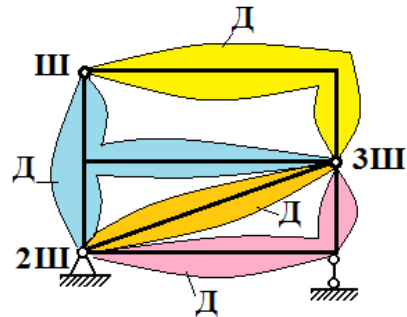


Рисунок 8б. (Составлено авторами)

Для схемы рисунка 8а врезаем шарнир в левую опору — **а**, в узлы **б** и **с**, получаем схему (рис. 8б), затем определяем число степеней свободы:

$$W = 3 \cdot D - 2 \cdot III - C_0 = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 - 3 = -3,$$

полученная рама три раза статически неопределимая.

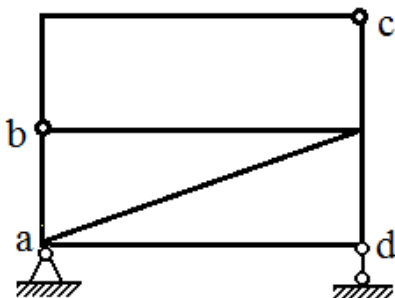


Рисунок 9а. (Составлено авторами)

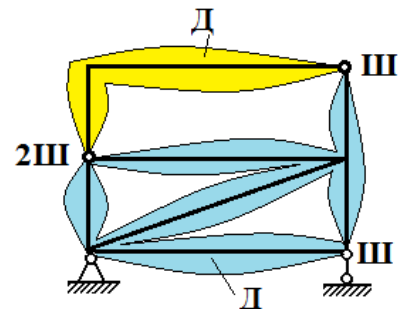


Рисунок 9б. (Составлено авторами)



Для схемы рисунка 8а, жесткий узел — **а** оставляем без изменения с приставной шарнирно неподвижной опорой, врезаем шарниры в узлы — **б** и **с**, шарнирно подвижную опору — **д** врезаем в раму, тогда:

$$W = 3 \cdot Д - 2 \cdot Ш - C_0 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 4 - 3 = -5,$$

т. е. рама пять раз статически неопределимая.

В рамы рисунков 8 и 9 было добавлено визуально разное количество шарниров и в разные места, поэтому логически правильно, что и число степеней свободы могло быть разным и получилось разным. Можно рассмотреть еще несколько способов врезки шарниров или предложить студентам самостоятельно попробовать врезать шарниры и определять число степеней свободы данной конструкции.

Таким образом, студенты учатся считать степень кинематической определимости рамы и анализировать ее внутреннюю структуру.

По окончании расчета статически определимых конструкций, примерно к середине курса «Строительная механика», студенты приступают к расчету неопределимых конструкций. На данном этапе их необходимо научить делать схему статически определимой с помощью добавления шарниров, разрезания отдельных элементов конструкции или вообще расчленения ее на отдельные части при наличии достаточного количества опор. При этом по-прежнему продолжаем работать с той же самой рамой рисунка 5. Предварительный анализ которой показал, что для этой цели (образование статически определимой конструкции) необходимо удалить 9 внутренних связей (рис. 10). Для этой цели расчленяем конструкцию на отдельные элементы и учимся правильно их «собирать» с помощью шарнирных соединений, используя диадное соединение в основе которого лежит шарнирный треугольник. Сначала в основу положим балку и будем к ней диадно присоединять с помощью шарниров отдельные стержни (диски), только стержень f-c оставим ломаным (рис. 10а). В результате получим схему рисунка 10б.

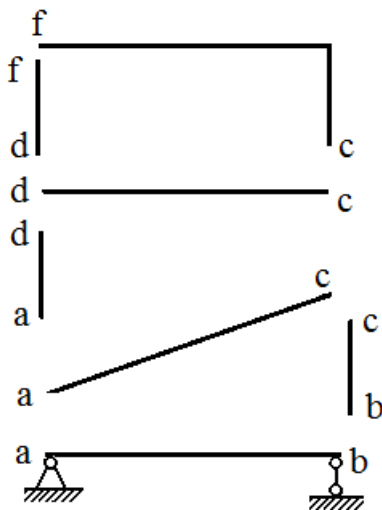


Рисунок 10а. (Составлено авторами)

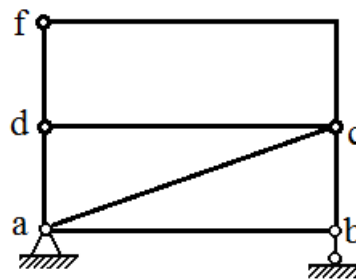


Рисунок 10б. (Составлено авторами)

Убедимся, что она действительно статически определимая:

$$W = 3 \cdot Д - 2 \cdot Ш - C_0 = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 9 - 3 = 0.$$

Также образование статически определимой конструкции можно получить путем разрезания замкнутых контуров сквозными сечениями (рис. 11а, 11б).

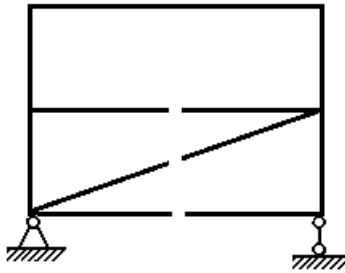


Рисунок 11а. (Составлено авторами)

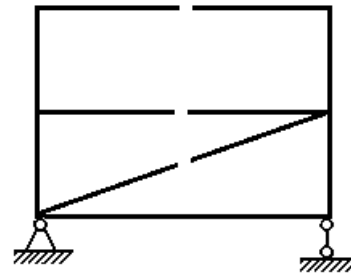


Рисунок 11б. (Составлено авторами)

Т. к. обе рамы имеют только один диск без внутренних шарниров, то

$$W = 3 \cdot Д - 2 \cdot Ш - C_0 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 0 - 3 = 0.$$

Можно рассмотреть комбинацию сквозных сечений и шарниров одновременно (рис. 12а и 12б), при этом получим трехшарнирные рамы с затяжкой. У схемы рисунка 12а заниженная затяжка между опорами, а у схемы рисунка 12б затяжка сверху.

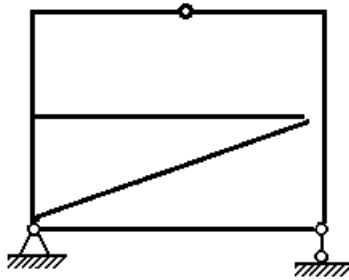


Рисунок 12а. (Составлено авторами)

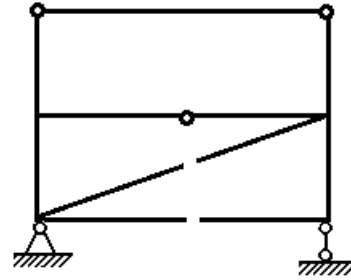


Рисунок 12б. (Составлено авторами)

$$W = 3 \cdot Д - 2 \cdot Ш - C_0 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 3 = 0.$$

Затем можно предложить студентам «поиграть» с составлением правильной статически определимой конструкции, в основе которой лежит шарнирный треугольник или один диск и к ним присоединяются с помощью шарниров добавочные диски.

После разбора внутренней конструкции рамы для расчета статически неопределимых конструкций методом сил необходимо посмотреть также для одной и той же схемы разбор расположения опор. Конечно, можно просто удалять «лишние опоры», но известно, чем проще рамы основной системы, тем проще их дальнейший расчет. Поэтому посмотрим каким образом влияет закрепление за Землю на возможность ее разделения на отдельные части для упрощения расчета.

Первое на что необходимо обратить внимание — это наличие не менее 6 опорных стержней, т. к. минимальное количество опорных стержней три, а для распорных систем четыре. Рассмотрим раму, имеющую семь опорных стержней и две «лишние» связи и посмотрим, как их расположение влияет выбор основной системы (рис. 13а).

$$W = 3 \cdot Д - 2 \cdot Ш - C_0 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 7 = -2.$$

Для нее наиболее рациональной основной системой будет разделение на две более простых: трехшарнирную слева и ломаный брус справа (рис. 13б). Разрезая раму по шарниру, мы удаляем два внутренних усилия: поперечную силу и продольное усилие. Сами неизвестные на схемах показывать не будем, чтобы не загромождать рисунки.



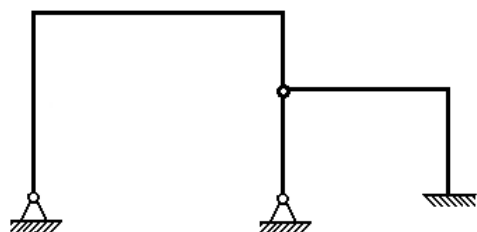


Рисунок 13а. (Составлено авторами)

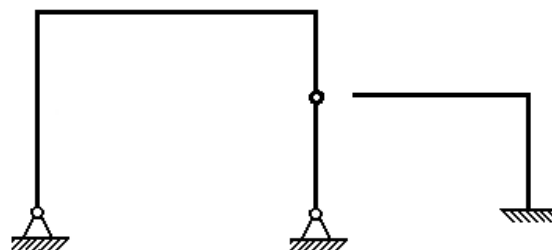


Рисунок 13б. (Составлено авторами)

Далее будет такая же рамная система, но другим расположением опор (рис. 14а). Для нее наиболее простая основная система (рис. 14б).

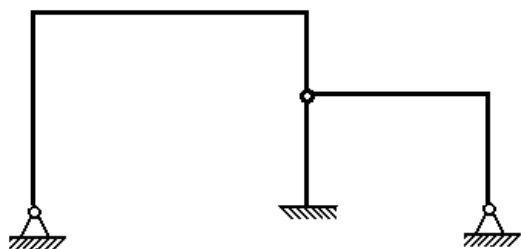


Рисунок 14а. (Составлено авторами)

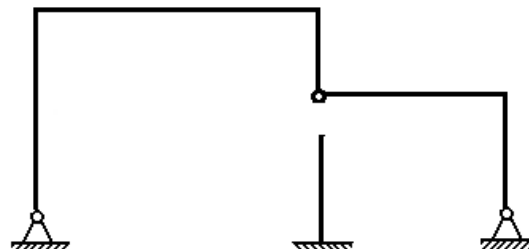


Рисунок 14б. (Составлено авторами)

Аналогично рисунки 15а и 15б.

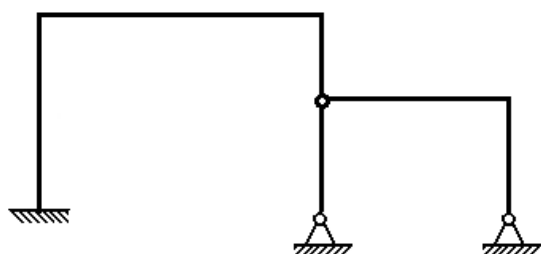


Рисунок 15а. (Составлено авторами)

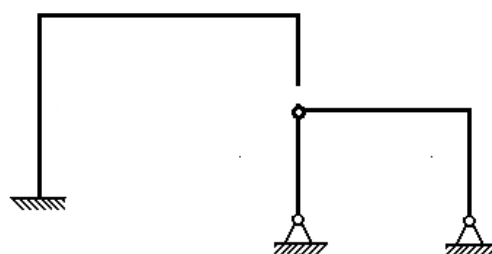


Рисунок 15б. (Составлено авторами)

Рисунок 16а для этой схемы возможны две одинаковые по сложности основные системы рисунки 16 б и 16 в.

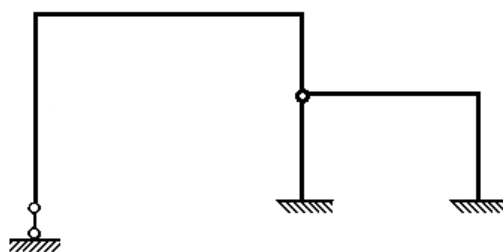


Рисунок 16а. (Составлено авторами)

Они обе требуют для левой шарнирно подвижной опоры наличие основной части и там невозможны трехшарнирные системы.

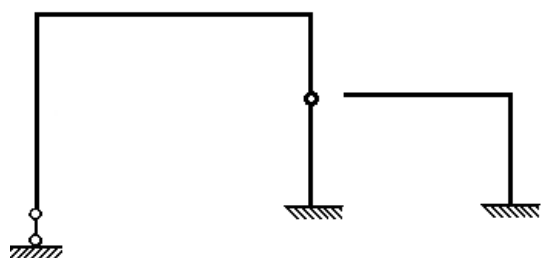


Рисунок 16б. (Составлено авторами)

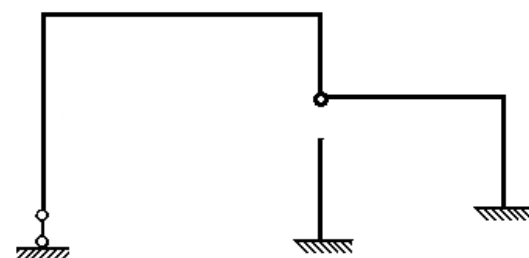
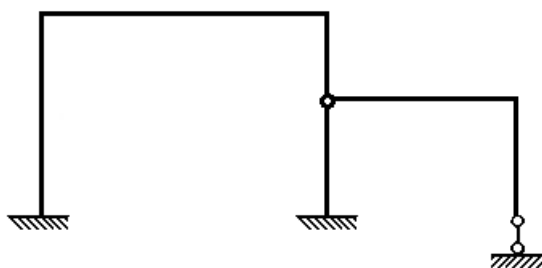


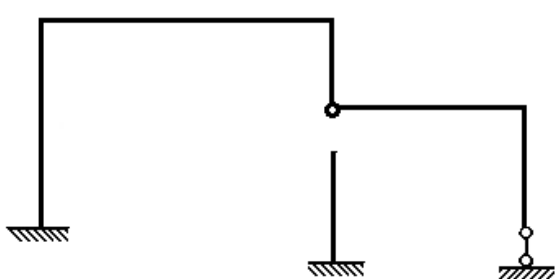
Рисунок 16в. (Составлено авторами)

Аналогично для рамы рисунка 17а.

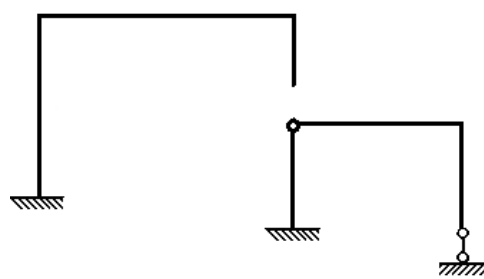


**Рисунок 17а.** (Составлено авторами)

Возможны две простейшие схемы: рисунки 17б и 17в.

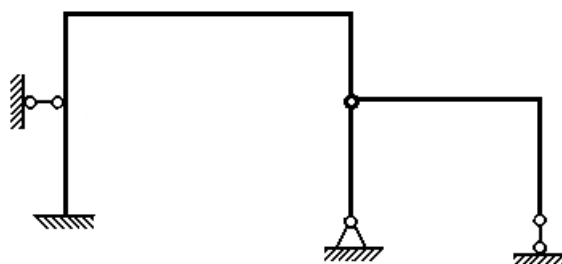


**Рисунок 17б.** (Составлено авторами)



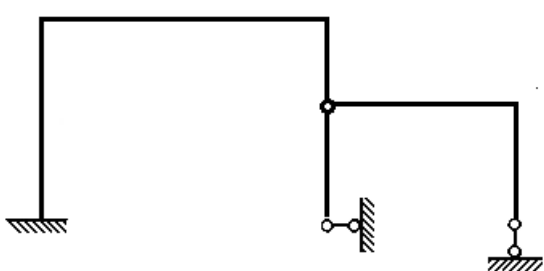
**Рисунок 17в.** (Составлено авторами)

Для рамы рисунка 18а из-за того, что левая часть имеет избыточное количество опор, а у правой недостаточное количество, чтобы составить трехшарнирную схему или сделать одну раму с подвесной частью, а вторую без нее. Следовательно, невозможно ее разделение на простые рамы.

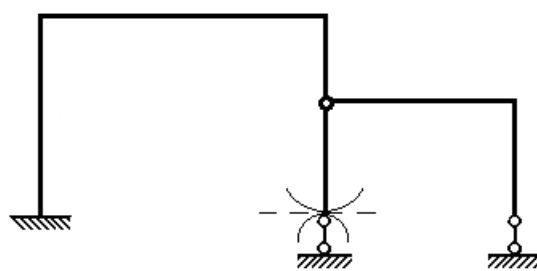


**Рисунок 18а.** (Составлено авторами)

Удаление двух связей возможно только при расчленении ее по промежуточному шарниру, то таком случае придется просто убрать избыточные опоры рисунок 18б. Однако необходимо быть внимательными, не допуская появления мгновенно изменяемых систем, как на рисунке 18в. У нее возможен взаимный поворот средней стойки и опорного стержня, у них общая касательная, что показано на схеме.



**Рисунок 18б.** (Составлено авторами)



**Рисунок 18в.** (Составлено авторами)

После этого для разных рам показываем выбор основных систем с указанием неизвестных, как сделано во всех классических учебниках.

### Заключение

Когда весь кинематический и структурный анализ проводится на одной стержневой конструкции у студентов возникает понимание принципов образования правильных систем, способов разделения на диски, работы разных видов шарниров и анализ правильности их закрепления. Затем, после рассмотрения тоже одной схемы с одинаковым количеством опорных стержней, но по-разному расположенных, дает возможность студентам понять, как будут выбираться основные системы метода сил и когда возможно разделение одной сложной рамы на две более простых. Они перестают путать врезные и приставные опоры, видят между ними разницу. Данная методика была апробирована в 2021 и 2022 году для разных потоков студентов (направления Архитектура и ПГС) и хорошо себя зарекомендовала.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Berestova, S.A. A method for modeling an architectural drawing type solution for environmental objects using linear perspective on a flat surface / S.A. Berestova, S.S. Zhilin, N.E. Misyura, E.A. Mityushov. — Текст: непосредственный // *Mathematical Design & Technical Aesthetics*. — 2015. — № 1(3). — p. 11–23.
2. Bisby, L.A. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* / L.A. Bisby. — 5th edition. — New York: Springer, 2016. — 3493 p. — Текст: непосредственный.
3. Carpinteri, A. *Advanced structural mechanics. Advanced Structural Mechanics* / A. Carpinteri. — Boca Raton, USA: CRC Press, 2016. — 545 p. — Текст: непосредственный. DOI: 10.1201/9781315375298.
4. Feng, Fu *Design and analysis of tall and complex structures* / Fu Feng. — Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2018. — 318 p. — Текст: непосредственный. DOI: 10.1016/c2015-0-06071-3.
5. Ghavami, P. *Mechanics of materials: An introduction to engineering technology* / P. Ghavami. — New York, USA: Springer Cham, 2015. — 249 p. — Текст: непосредственный. DOI: 10.1007/978-3-319-07572-3.
6. Subhani, M. Timber-FRP composite beam subjected to negative bending / M. Subhani, A. Globa, J. Moloney. — Текст: непосредственный // *Structural Engineering and Mechanics*. — 2020. — vol. 73, № 3. — p. 353–365. DOI: 10.12989/sem.2020.73.3.353.

**Shagisultanova Julia Nikolaevna**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: [julia.shagisultanova@gmail.com](mailto:julia.shagisultanova@gmail.com)

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=757694](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=757694)

**Panfilov Alexander Vladimirovich**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: [archi-zoom@yandex.ru](mailto:archi-zoom@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8602-6399>

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=675474](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=675474)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57190865509>

Web of Science: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/N-7485-2017>

## **On the issue of structural analysis of structures for the formation of a design structural scheme**

**Abstract.** The year 2020, marked by a global pandemic, revealed a number of system-wide crises, including in the field of higher education and in the teaching of the discipline "Construction Mechanics" in particular, which remained unnoticed in everyday conditions of existence. In earlier author's articles, the positive nature of the application of the teaching methodology developed by the authors of this article using workbooks has already been noted. However, in the conditions of the mass transition to the remote form of conducting classes, a number of problems that arise among students have been revealed. One of such problems was the very fundamental understanding of the formation of a computational model of a particularly statically indeterminate structure (structure). This article is devoted to the description of the new method of teaching kinematic analysis.

**Keywords:** construction mechanics; kinematic analysis; structural analysis; disk; single and multiple hinges; hinge insertion; teaching methods