



Никандров Леонид Дмитриевич, магистрант

E-mail: lenya.nickandrov@yandex.ru

Научный руководитель: Коваль Павел Сергеевич, к.т.н., доцент кафедры МДК

E-mail: pkoval@lan.spbgasu.ru

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Аннотация

Создана конечно-элементная расчётная модель шпренгельной плиты с применением перекрестно-клееной древесины с учетом нелинейности и проведен анализ напряженно-деформированного состояния элементов такой плиты численным методом. Исследуется зависимость напряженно-деформированного состояния элементов от геометрических параметров шпренгельной плиты, а также от способов опирания: свободное по двум сторонам, свободное по четырем сторонам и свободное в четырех углах плиты. Кроме того, выполнен сравнительный анализ работы обычной плиты из перекрестно-клееной древесины и шпренгельной плиты, который наглядно демонстрирует эффективность применения шпренгельных плит с применением перекрестно-клееной древесины. Получены различные диаграммы зависимостей, предоставлены выводы и предложены рекомендации по проектированию и применению шпренгельных плит с применением перекрестно-клееной древесины.

Ключевые слова: пространственные конструкции, ДПК, шпренгель, плита, напряженно-деформированное состояние, конечные элементы

Анализ напряженно-деформированного состояния элементов шпренгельных плит с применением перекрестно-клееной древесины

В данной работе предлагается комбинированная конструкция, состоящая из плиты ДПК и прикрепленной к ней шпренгельной системы. Использование плит ДПК в комбинации со шпренгельной системой в перспективе может занять существенное место при проектировании зданий и сооружений с большими пролетами. ДПК благодаря своей относительной легкости в сочетании с прочностными характеристиками в совместной работе со шпренгельной системой может представлять легкую, жесткую и прочную конструкцию покрытия. Концептуальный 3D вид шпренгельной плиты с применением ДПК представлен на рис. 1.

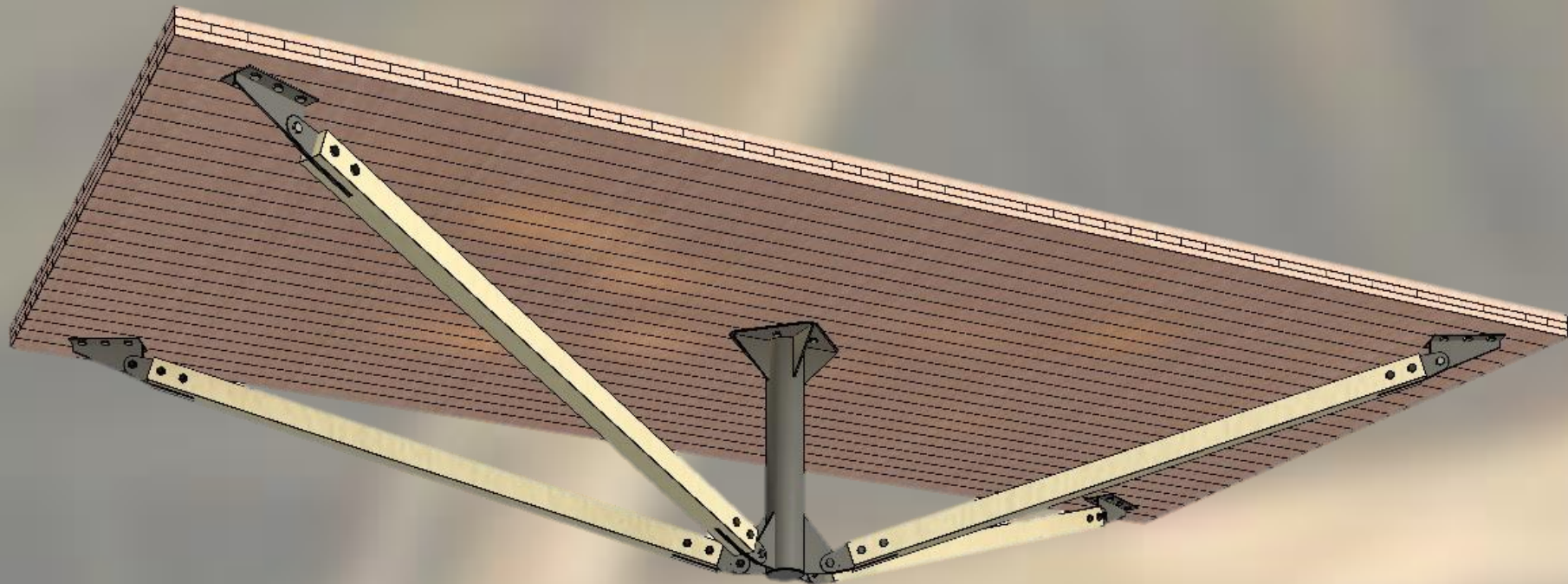


Рисунок 1. Концептуальный 3D вид шпренгельной плиты с применением ДПК

Цель работы заключается в исследовании деформативности шпренгельной плиты с применением ДПК, смоделированной с учетом нелинейности материалов, при различных вариантах опирания конструкции и габаритных размерах плиты.

Исследование пространственной конструкции шпренгельной плиты с применением ДПК проведено численными методами. Конечно-элементный расчет выполнен в программном комплексе ПК Лира САПР. Каждый слой плиты моделировался отдельно, а связи между ними создавались с помощью объединения перемещений узлов. Размер конечных элементов для моделирования плиты выбран 100x100 мм, что обеспечивает достаточно высокую точность при вычислении.

Было выбрано три варианта опирания плиты: 1) свободное опирание по двум сторонам; 2) свободное опирание по четырем сторонам; 3) свободное опирание по четырем углам.

Габаритные размеры плиты ДПК представляют собой в первом случае 2000x850 мм, а во втором случае 2000x2000 мм. Толщина плиты принята одинаковой для всех случаев, а именно 100 мм (толщина слоев 40-20-40 мм). Стойка шпренгеля выполнена из деревянного бруса высотой 300 мм с сечением 100x100 мм, а шпренгельные тжи представляют собой металлический трос диаметром 8 мм. Конечно-элементная модель плиты при закреплении по двум сторонам представлена на рис. 2.

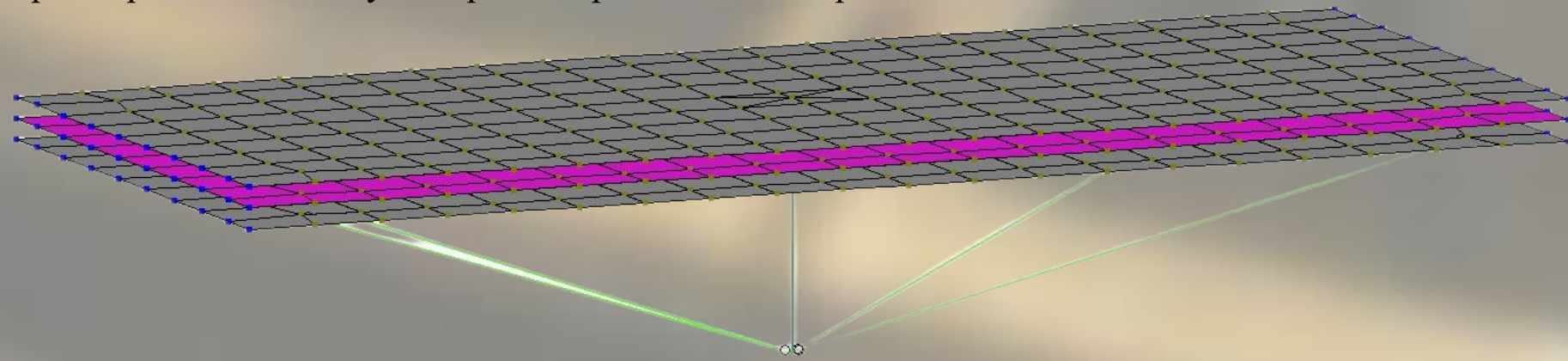


Рисунок 2. Конечно-элементная модель плиты при закреплении по двум сторонам размером 2000x850 мм

Результаты

Выполнен анализ данных по несущей способности и деформированию шпренгельных плит с применением ДПК. Кроме того, для оценки эффективности применения шпренгельной конструкции в сочетании с плитой ДПК был выполнен расчет обычной плиты ДПК с учетом нелинейности с теми же заданными характеристиками и геометрическими параметрами. Деформации шпренгельной плиты ДПК и обычной плиты ДПК размером 2000x850 мм в зависимости от нагрузки и способа опирания сведены для наглядности в сравнительные диаграммы деформирования, представленные на рис. 3-5. Для плит размером 2000x850 мм помимо результатов расчета с учетом нелинейности, представлен линейный расчет.

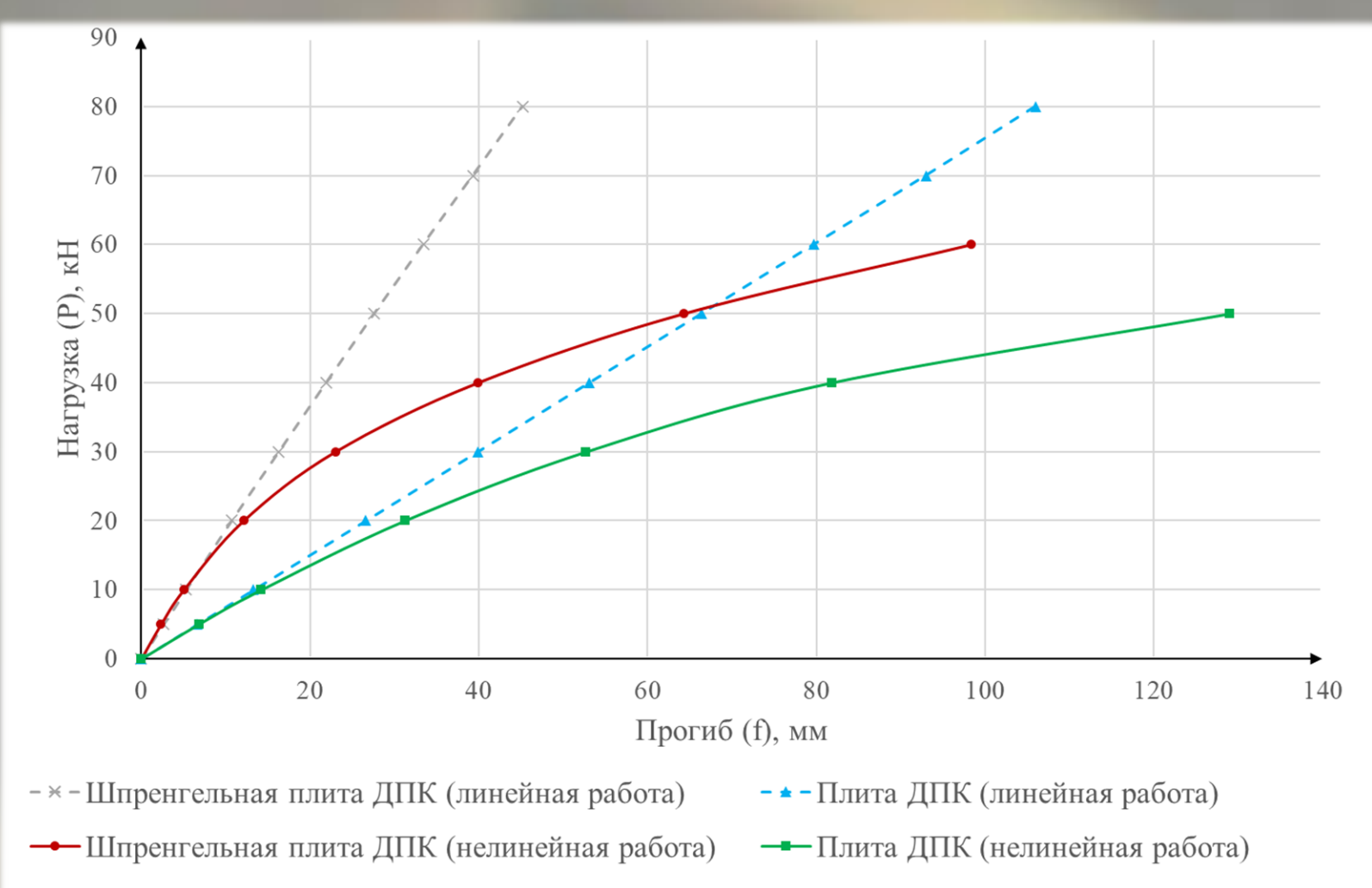


Рисунок 3. Диаграммы деформирования плит 2000x850 мм при свободном опирании по 2-м сторонам

Выводы

- 1) применение шпренгельной системы совместно с плитами ДПК положительно сказывается на работе конструкции, а именно повышается несущая способность и жесткость, а прогибы плиты уменьшаются на 15-65% в зависимости от габаритных размеров плиты;
- 2) на пространственную работу конструкции существенное влияние оказывает способ опирания конструкции. При опирании по четырем сторонам конструкция более жесткая, чем при опирании по двум сторонам – разница составила порядка 90% для плит размером 2000x850 мм, порядка 50% для плит размером 2000x2000 мм, а опирание по двум сторонам более жесткое, чем опирание по четырем углам – разница составила порядка 2% для плит размером 2000x850 мм, порядка 30% для плит размером 2000x2000 мм. Из этого следует, что габаритные размеры также оказывают влияние на работу конструкции.
- 3) наиболее эффективно применять шпренгельные плиты ДПК в случаях опирания по двум сторонам и в четырех углах плиты – деформативность уменьшается на 30-65% в зависимости от габаритных размеров и способе опирания. При опирании по четырем сторонам также виден положительный эффект от применения шпренгеля, но в меньшей степени - деформативность уменьшается на 15-22%;

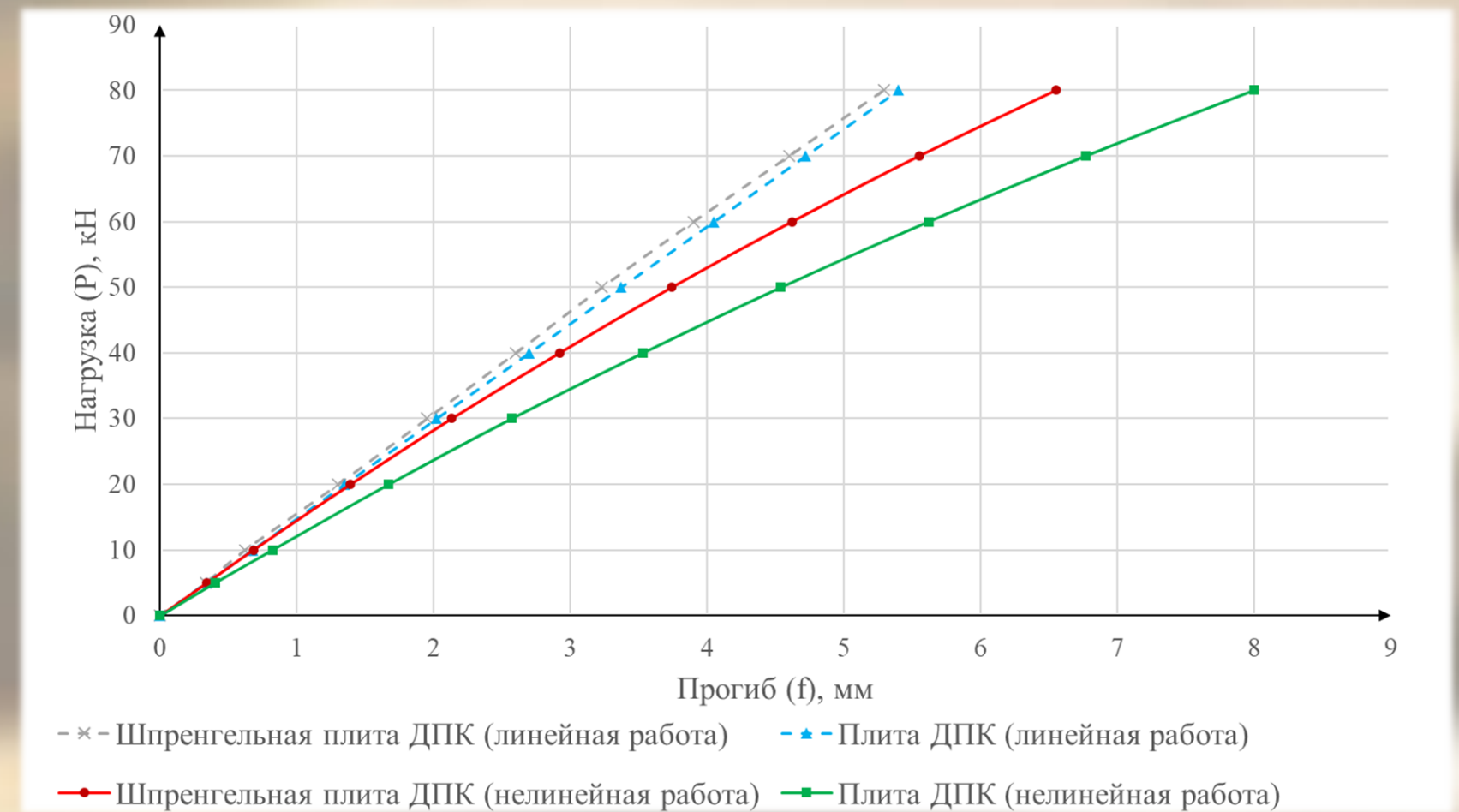


Рисунок 4. Диаграммы деформирования плит 2000x850 мм при свободном опирании по 4-м сторонам

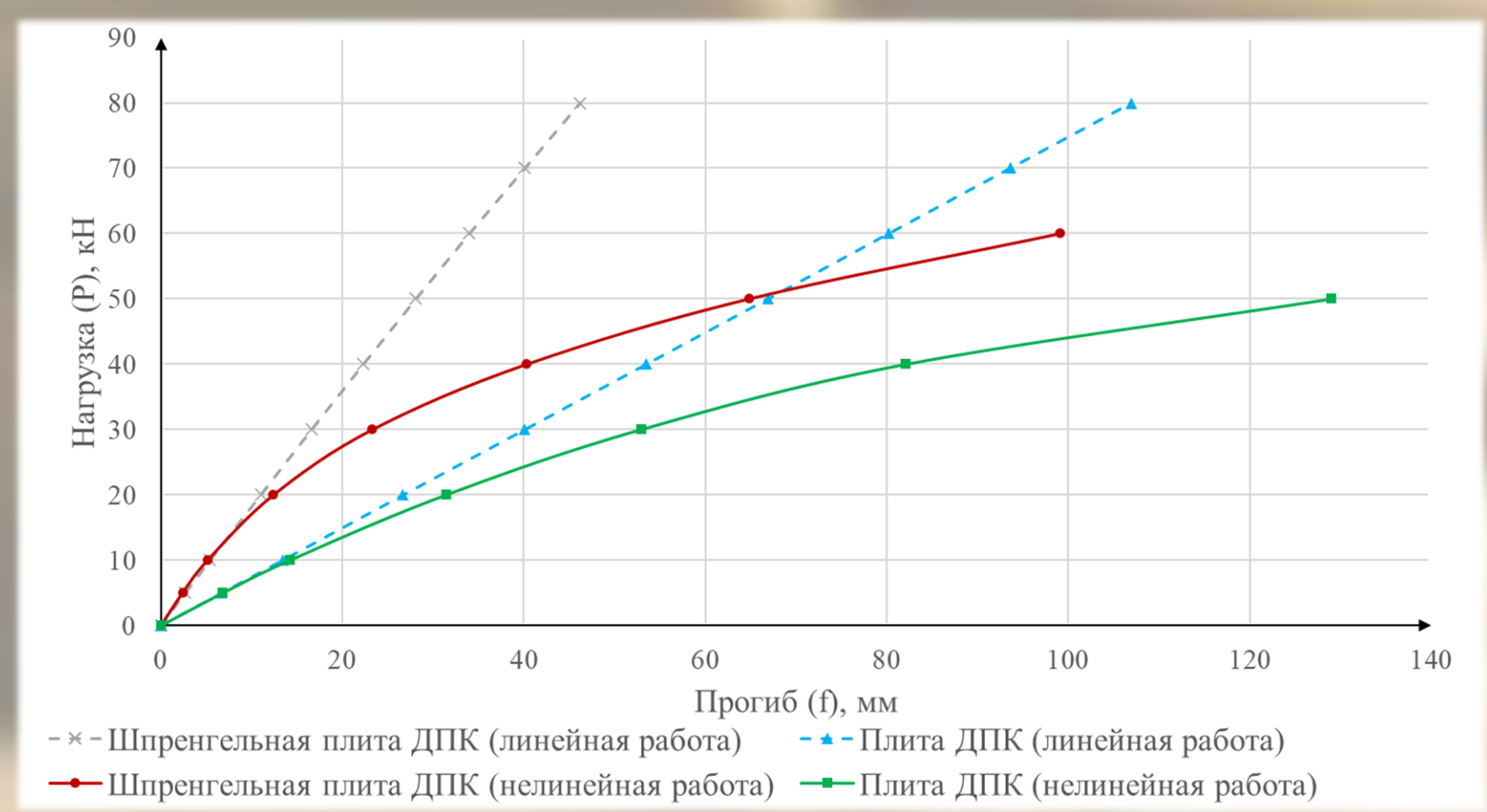


Рисунок 5. Диаграммы деформирования плит 2000x850 мм при свободном опирании по 4-м углам

По результатам расчета плит размером 2000x850 мм видно, что использование конструкции шпренгеля положительно сказывается на работе конструкции. Разница в деформациях шпренгельной плиты ДПК и обычной плиты ДПК составляет от 50 до 65% при свободном опирании по 2-м сторонам и при свободном опирании по 4-м углам. При свободном опирании по 4-м сторонам разница прогибов составляет от 15 до 18%.

По результатам анализа линейного расчета и расчета с учетом нелинейности можно сказать, что линейный расчет не всегда применим для оценки работы конструкции. Поэтому для плит размером 2000x2000 мм был выполнен расчет только с учетом нелинейности. Диаграммы деформирования для плит 2000x2000 мм приведены на рис. 6.

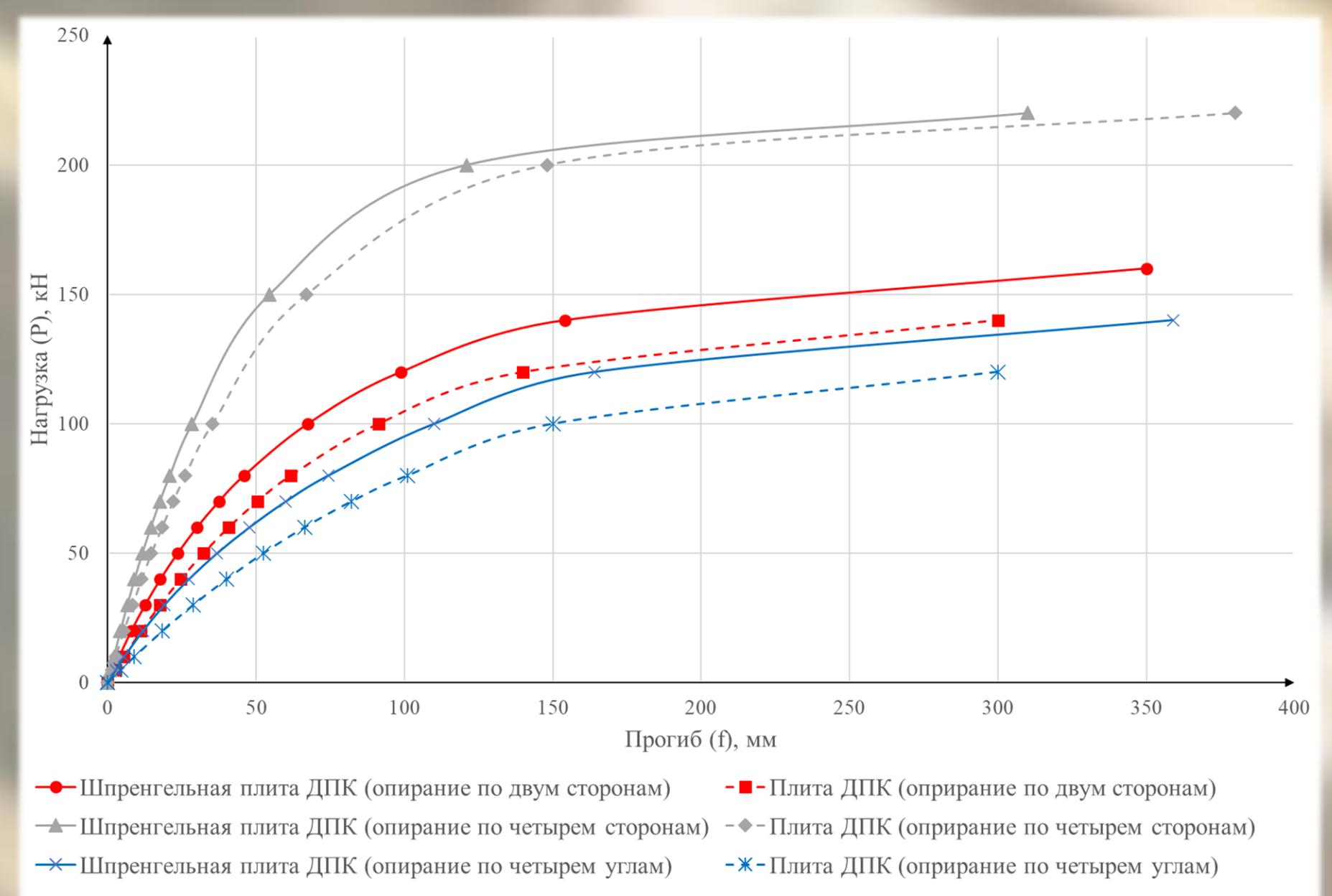


Рисунок 6. Диаграммы деформирования плит 2000x2000 мм при различных вариантах опирания конструкции

Из анализа расчета плит размером 2000x2000 мм видно, что использование конструкции шпренгеля так же оказывает положительное воздействие на работу конструкции. Разница в деформациях шпренгельной плиты ДПК и обычной плиты ДПК при свободном опирании по 2-м сторонам в пределах 25-30%. При свободном опирании по 4-м углам разница составляет от 26 до 40%. При свободном опирании по 4-м сторонам разница прогибов составляет от 18 до 22%.