



ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
METAL CONSTRUCTIONS**

2018, ТОМ 24, НОМЕР 3, 133–141
УДК 531.391

(18)-0382-1

УТОЧНЕННАЯ ОЦЕНКА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ТОНКОЛИСТОВОЙ МЕМБРАННОЙ ОБШИВКИ С ПОДКРЕПЛЯЮЩИМ ЭЛЕМЕНТОМ

В. Ф. Мущанов, В. А. Шпиньков

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.
E-mail: volodymyr.mushchanov@mail.ru*

Получена 24 августа 2018; принята 21 сентября 2018.

Аннотация. В статье рассмотрена методика определения эффективной ширины полки двутавра при совместной работе с тонколистовым мембранным покрытием, в том числе на основе вычисления редуцированных коэффициентов. Проанализирована применимость к решению данной задачи подходов, изложенных в работах П. Ф. Папковича и нормах Еврокода 3 (часть 1.5), где в качестве объекта исследований рассматривается совместная работа тонколистового мембранного покрытия и подкрепляющего элемента при действии распределенной нагрузки. Результаты, полученные с использованием аналитических методов решения, дополнены конечно-элементным анализом включения тонколистовой мембранной пластины в совместную работу с двутавровым элементом на поперечный изгиб, моделирование которого осуществлялось с использованием оболочечных элементов в геометрически нелинейной постановке. Полученные результаты позволяют оценить на основе уточненных подходов размеры участка мембранной пластины, вовлекаемого в совместную работу на поперечный изгиб с подкрепляющим элементом.

Ключевые слова: редуцированный коэффициент, мембранная пластина, подкрепляющие элементы, эффективная ширина.

УТОЧНЕНА ОЦІНКА СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ТОНКОЛИСТОВОЇ МЕМБРАННОЇ ОБШИВКИ З ПІДКРІПЛЮВАЛЬНИМ ЕЛЕМЕНТОМ

В. П. Мущанов, В. О. Шпиньков

*ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.
E-mail: volodymyr.mushchanov@mail.ru*

Отримана 24 серпня 2018; прийнята 21 вересня 2018.

Аннотация. У статті розглянута методика визначення ефективної ширини полиці двутавра при спільній роботі з тонколистовим мембранним покриттям, у тому числі на основі обчислення редуційних коефіцієнтів. Проаналізована можливість застосування до рішення цієї задачі підходів, викладених в роботах П. Ф. Папковича і нормах Єврокоду 3 (частина 1.5), де як об'єкт досліджень розглядається спільна робота тонколистового мембранного покриття і підкріплювального елемента при дії розподіленого навантаження. Результати, отримані з використанням аналітичних методів рішення, доповнені кінцево-елементним аналізом включення тонколистової мембранної пластини в спільну роботу з двутавровим елементом на поперечний згин, моделювання якого здійснювалося з використанням оболочкових елементів в геометрично нелінійній постановці. Отримані результати дозволяють оцінити на основі уточнених підходів розміри ділянки мембранної пластини, що залучається до спільної роботи на поперечний згин з підкріплювальним елементом.

Ключові слова: редуційний коефіцієнт, мембранна пластина, підкріплювальні елементи, ефективна ширина.

UPDATED ASSESSMENT OF JOINT WORK OF THIN-SHEET MEMBRANE COATING WITH A REINFORCING ELEMENT

Volodymyr Mushchanov, Vladimir Shpinkov

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

E-mail: volodymyr.mushchanov@mail.ru

Received 24 August 2018; accepted 21 September 2018.

Abstract. In the article it has been considered the technique of determination of effective flange width of I-beam used in conjunction with sheet membrane coating, including on the basis of the computation of the reduction coefficients. The applicability to the solution of this problem of the approaches described in the works of P. F. Papkovich and the norms of the Eurocode (part 1.5) has been analyzed, where the joint work of the thin-sheet membrane coating and the reinforcing element under the action of the distributed load has been considered as the object of research. The results obtained using analytical methods of the solution are supplemented by finite element analysis of the inclusion of a thin-sheet membrane plate in the joint work with the I-beam element for transverse bending, the simulation of which was carried out using shell elements in a geometrically nonlinear formulation. Obtained results allow us on the basis of refined approaches to estimate the size of the membrane plate area involved in the joint work on the transverse bending with a reinforcing element.

Keywords: reduction coefficient, membrane plate, reinforcing elements, effective width.

Введение

В современном строительстве, судостроении, машиностроении, в перекрытиях уникальных форм покрытий, а также в космических объектах широкое применение получили тонкостенные пластинки и оболочечные мембранные конструкции. В свою очередь тонколистовая мембрана должна подкрепляться ребрами жесткости для придания более высоких жесткостных характеристик и увеличения надежности (рис. 1) [3, 4, 5].

Ввиду этого вопрос надежности проектируемых конструкций, а в особенности мембранного покрытия, включающегося в совместную работу при поперечном изгибе с подкрепляющими элементами постели, остаётся актуальным.

Одной из особенностей работы подобных систем является не до конца исследованный вопрос включения в совместную работу тонколистовой мембранной оболочки с подкрепляющими элементами под действием поперечной нагрузки и связанная с этим задача корректного назначения исходных жесткостных характеристик подкрепляющих элементов в виде продольной и изгибной жесткостей [8].

В статье [8] были рассмотрены следующие методы:

- 1 — определения редуцированного коэффициента (эффективной ширины) по Еврокоду 3, часть 1—5 [14];
- 2 — определения редуцированного коэффициента по методу П. Ф. Папковича [6, 9, 10, 12].

При этом, сравнение полученных результатов осуществлялось с данными численных исследований, выполненных в конечно-элементной постановке при упрощенном моделировании подкрепляющего элемента стержневыми элементами общего вида, что в итоге позволило осуществить первичную оценку величины редуцированного коэффициента при совместной работе особо тонкой мембранной обшивки с подкрепляющим элементом.

В работе [7] приведен алгоритм расчета пластин на прочность и жесткость с учетом податливости контура, но в рамках разрабатываемого метода назначение жесткостных характеристик подкрепляющих ребер осуществлялось без учета редуцированного коэффициента.

В связи с выше изложенным, целью данной работы является уточнение полученных ранее

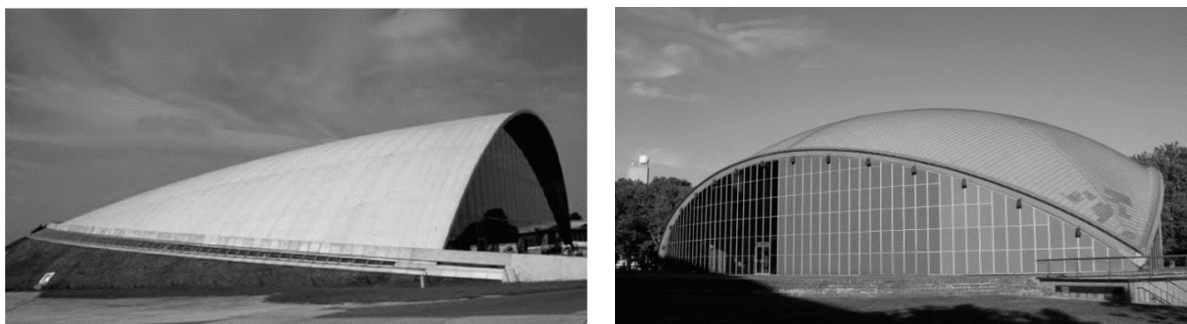


Рисунок 1. Оболочки-покрытия строительных сооружений.

результатов на основе анализа изгибных компонент напряжений, возникающих в полке двутавра и тонколистовой мембране, реализуемого при условии моделирования подкрепляющего элемента и мембранной пластины оболочечными элементами.

1. Определения редуцированного коэффициента (эффективной ширины) по Еврокоду 3, часть 1-5

Практические рекомендации по определению части пластинки, вовлекаемой в совместную работу с подкрепляющим элементом, приведены в Eurocod 3, часть 1-5 по проектированию стальных конструкций [14].

Согласно этому подходу в поясах допускается не учитывать эффект сдвигового запаздывания, если выполнено условие $b_0 < L_e/50$ (рис. 2). Для частей поясков с односторонней опорой ширина пояса b_0 соответствует имеющейся ширине пояса, а для частей пояса с двухсторонней опорой b_0 равняется половине ширины пояса. Длина L_e равна расстоянию между нулевыми точками действующих моментов [14].

Ввиду выше изложенного для рассматриваемой расчетной схемы при принятых размерах подкрепляющего элемента Еврокод позволяет не учитывать присоединенный участок мембраны.

2. Определение редуцированного коэффициента по методу П.Ф. Папковича

Рассматривая, какая часть тонколистовой мембранной оболочки включается в совместную работу с подкрепляющими элементами постели, представим исследуемый фрагмент покрытия в виде эквивалентной жесткой связи (подкрепляющего элемента), моделирующей подкреплен-

ную гибкую пластину, а площадь поперечного сечения этой эквивалентной связи пластинки — приведенной площадью. При этом указанные величины образуют зависимость следующего вида:

$$F_{прив} \cdot \sigma_{расп} = F_{пл} \cdot \sigma_{пл}, \quad (1)$$

где $F_{прив}$ — приведенная площадь поперечного сечения эквивалентной жесткой связи;

$\sigma_{расп}$ — напряжения в жестких связях;

$F_{пл}$ — площадь поперечного сечения пластики;

$\sigma_{пл}$ — нормальные напряжения в срединной части пластинки.

Следовательно, между приведенной площадью эквивалентной жесткой связи и ее фактической площадью есть зависимость в виде:

$$F_{прив} = F_{пл} \cdot \varphi, \quad (2)$$

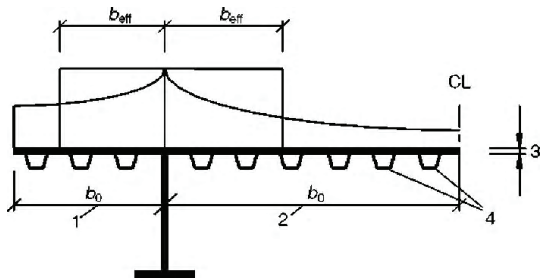
где $\varphi = \sigma_{пл} / \sigma_{расп} = a/m$ — коэффициенты m и a , пропорциональные соответственно напряжениям $\sigma_{расп}$ и $\sigma_{пл}$, связаны между собой в зависимости от работы пластины [9].

Выразив из формулы (2) значение, получим относительный коэффициент редуцирования [1], который показывает, какой своей долей площади исследуемая тонколистовая мембрана участвует в восприятии связевыми (подкрепляющими) элементами покрытия приходящиеся на них нагрузки.

Дальнейший расчет и редуцированный коэффициент к фактической площади поперечного сечения пластинки представим в виде данных таблицы 3 [8]. Как мы можем увидеть, поправка к сечению очень мала, что связано с малой толщиной мембранного покрытия, приводит к очень медленной сходимости итерационного процесса, и, как следствие, невозможности практического применения этой методики.

3. Расчетная схема для проведения численного эксперимента

Исследуемым объектом является плоское мембранное покрытие на прямоугольном плане с размерами: длина $l = 24$ м, ширина $b = 18$ м, состоящая из 65999 узлов и 75360 элементов, мембранное покрытие толщиной равной подкрепленное оболочечным элементом в виде двутавра, моделирование которого осуществлялось оболочечными элементами типа КЭ-344. Прикладываемая распределенная по площади нагрузка ориентирована вдоль подкрепляющего



1 — свес пояса при опирании на одну сторону;
2 — свес пояса при опирании на две стороны;
3 — толщина пластинки t ; 4 — продольные элементы жесткости A_{st} .

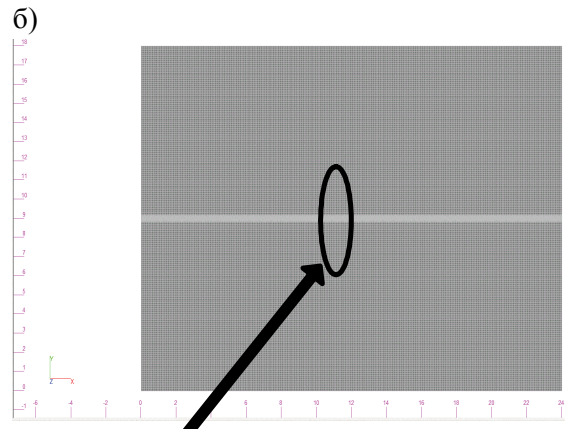
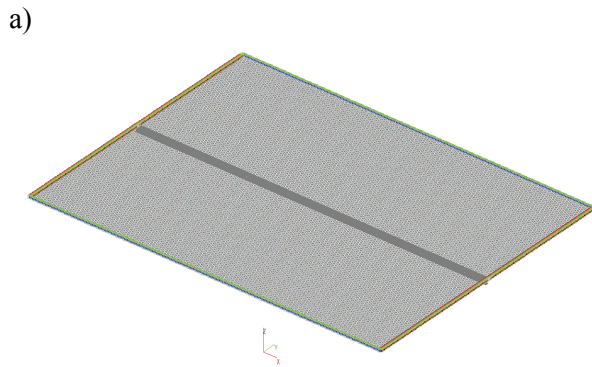
Рисунок 2. Расчетная схема для определения эффективной ширины полки.

оболочечного элемента и составляет. Закрепление узлов по продольным сторонам принято в виде шарнирно-неподвижных опор, ограничивающих линейное перемещение вдоль осей Y, Z и угла поворота U_y и U_z . Узлы по поперечным сторонам мембраны закреплены следующим образом: ограничены перемещения X, Y, Z , а также углы поворота относительно U_z и U_x (рис. 3).

На рисунке 4 представлено поперечное сечение двутавра 1—1 (зона А, включающая в себя верхнюю полку двутавра и присоединенный участок мембраны), с присоединенными участками тонколистовой мембранной пластины (зоны Б и В), для которых далее анализируется напряженно-деформированное состояние элементов с выделением для каждой изгибной составляющей M , характеризующей для конечных элементов мембранной обшивки степень их включения в совместную работу с двутавровым элементом на поперечный изгиб.

На рис. 5—7 приведены результаты анализа напряженного состояния конечных элементов, зафиксированные по результатам статического расчета, выполненного в геометрически нелинейной постановке. Для каждой зоны элементов (А, Б, В) приведены:

— величины напряжений в КЭ по верхней и нижней граням элементов, представленные в виде соответствующих гистограмм;



Исследуемая область

Рисунок 3. Сгенерированная расчетная схема мембранного покрытия из КЭ-элементов: а) общий вид; б) вид сверху.

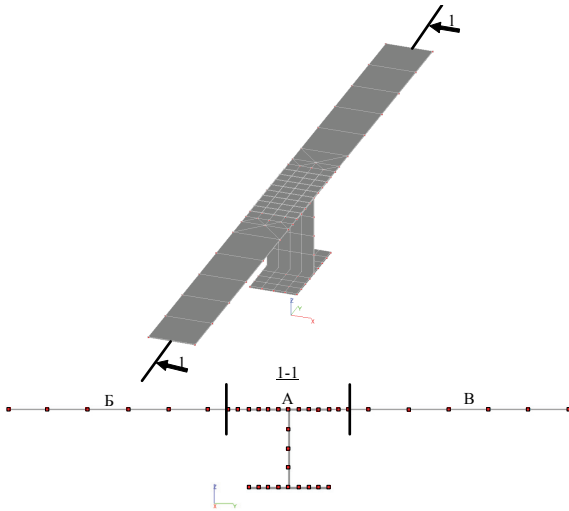


Рисунок 4. Исследуемая часть мембранного покрытия с подкрепляющим оболочечным элементом, рассматриваемых при анализе НДС.

- эпюры суммарных нормальных напряжений по поперечному сечению элемента от совместного действия изгибающего момента M и продольной силы N ;
- выделенные эпюры M , изменение величины которых и позволяет выделить участок мембраны, вовлекаемый в совместную работу с подкрепляющим элементом на поперечный изгиб.

4. Результаты исследований численного анализа в конечно-элементной постановке

Анализируя результаты численных исследований, приведенные на рис. 3–8, можно с необходимостью для практических расчетов точно выделить участок мембранной пластины, участвующий совместно с подкрепляющим элементом в работе на поперечный изгиб, что в свою очередь позволяет для рассматриваемого случая более корректно назначать геометрические характеристики составного сечения элемента при определении его изгибной жесткости.

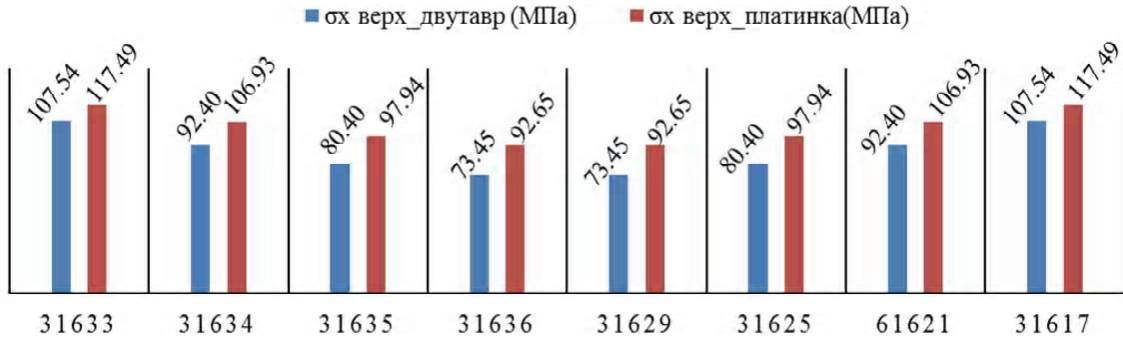
Опираясь традиционными понятиями эффективной ширины сечения и редуцированного коэффициента, можно отметить, что для анализируемой расчетной схемы $b_{ef} = 20$ см и

$\varphi = \sigma_{nl} / \sigma_{расч} = 0,42...0,43$. Следует отметить, что уточненное моделирование подкрепляющего двутаврового элемента оболочечными конечными элементами позволило в свою очередь уточнить и размеры присоединяемого участка по сравнению с данными предыдущих исследований [8], а именно — в пределах 30% (до $50t_{мем}$, вместо $3t_{мем}$ по данным [8]).

Выводы

1. При назначении расчетных геометрических характеристик сечений (EI , EJ) подкрепляющих элементов постели мембранных покрытий существующие методы вычисления редуцированных коэффициентов, учитывающих включение мембранной оболочки в совместную работу с подкрепляющими элементами, не позволяют выполнить эту операцию с требуемой точностью.
2. Анализ результатов изменения изгибной составляющей напряжений M в конечных элементах тонколистовой мембранной обшивки позволяет более корректно выделить размеры участков мембраны, вовлекаемые в совместную работу с подкрепляющим элементом. Для рассматриваемого случая эти характеристики составили $b_{ef} = 20$ см ($\varphi = \sigma_{nl} / \sigma_{расч} = 0,42...0,43$), а именно — до $50t_{мем}$.
3. Для дальнейшего обоснованного назначения величины редуцированного коэффициента при заданных характеристиках расчетной схемы необходимо проведение численных исследований по использованной методике и как результат — установление функциональных зависимостей, позволяющих назначать искомое значение коэффициента как функции значимых аргументов-факторов:
 - гауссова кривизна оболочки;
 - соотношение D/EI (цилиндрической жесткости оболочки к изгибной жесткости подкрепляющего элемента);
 - соотношение уровней напряжений в подкрепляющем элементе и оболочке, обусловленных величиной действующей нагрузки ($\sigma_1 / \sigma_2, \sigma_2 / \sigma_3$).

НАПРЯЖЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ ПОЛКЕ ДВУТАВРА И ПЛАСТИНКИ, ВЕРХНИЙ СЛОЙ



НАПРЯЖЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ ПОЛКЕ ДВУТАВРА И ПЛАСТИНКИ, НИЖНИЙ СЛОЙ

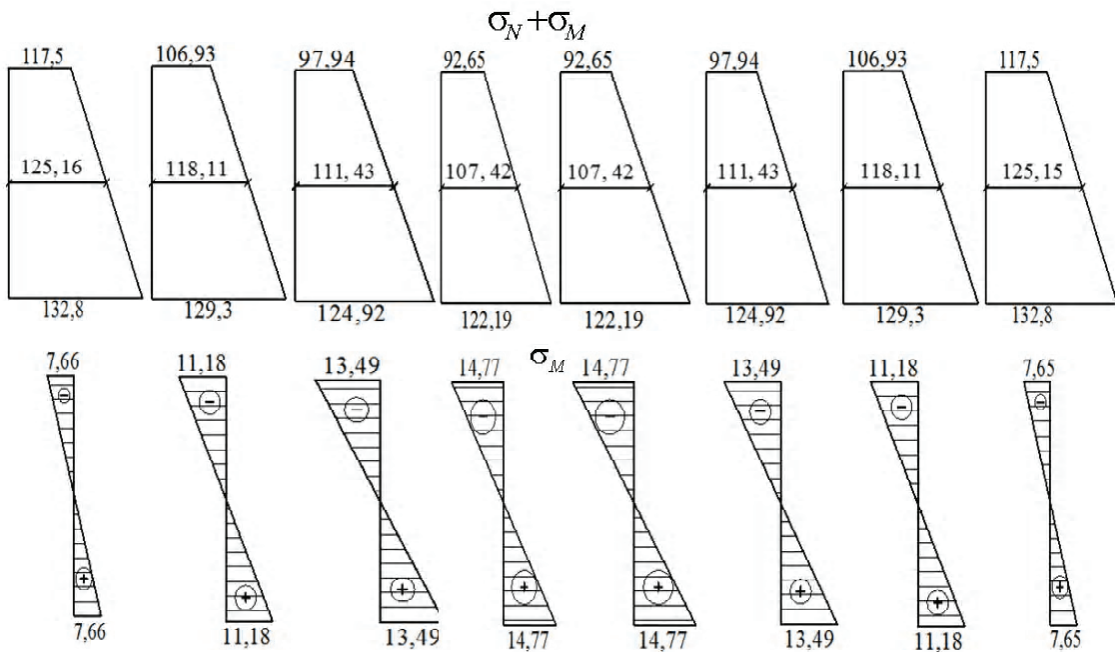
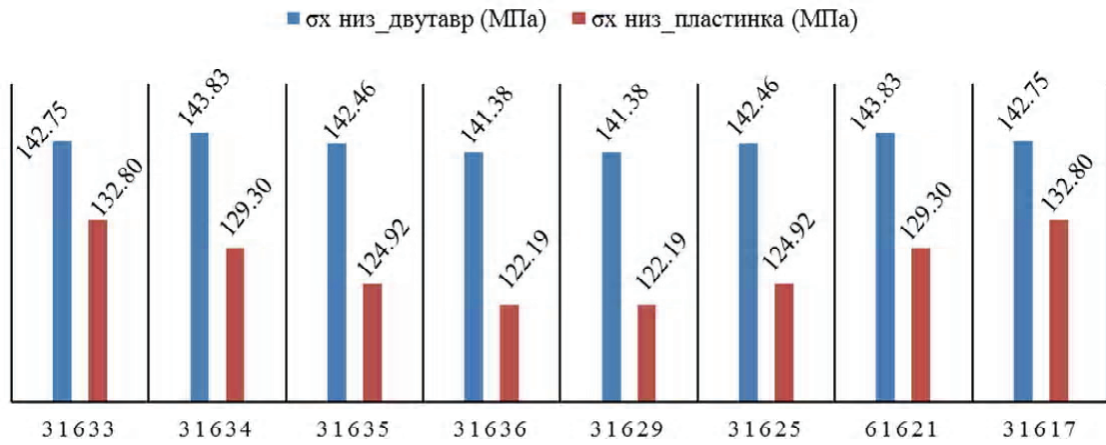


Рисунок 5. Эпюры суммарных нормальных напряжений от изгибающего момента М и продольной силы N.

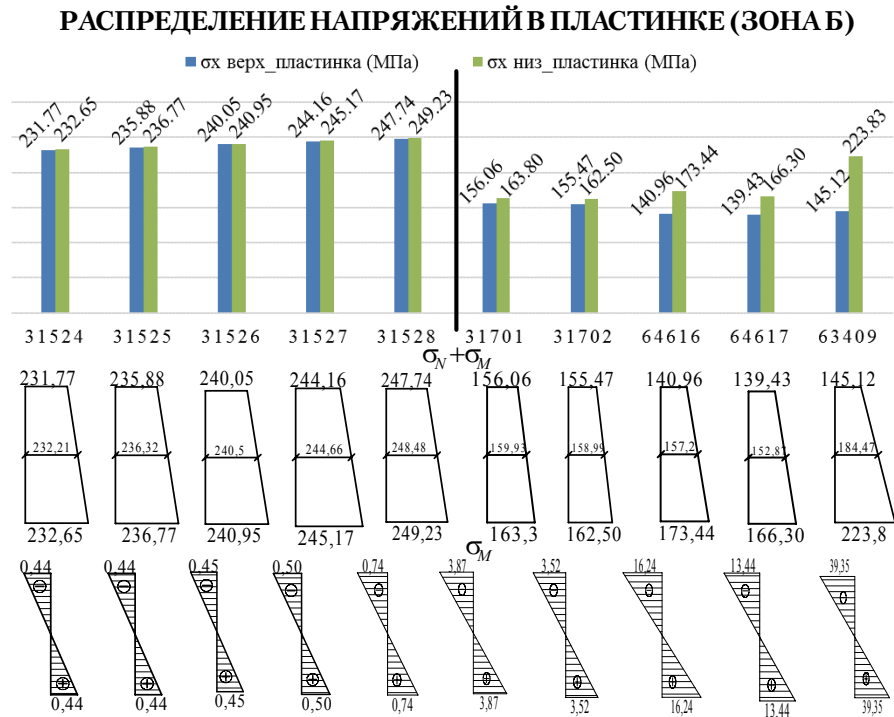


Рисунок 6. Эпюры суммарных нормальных напряжений от изгибающего момента М и продольной силы N.

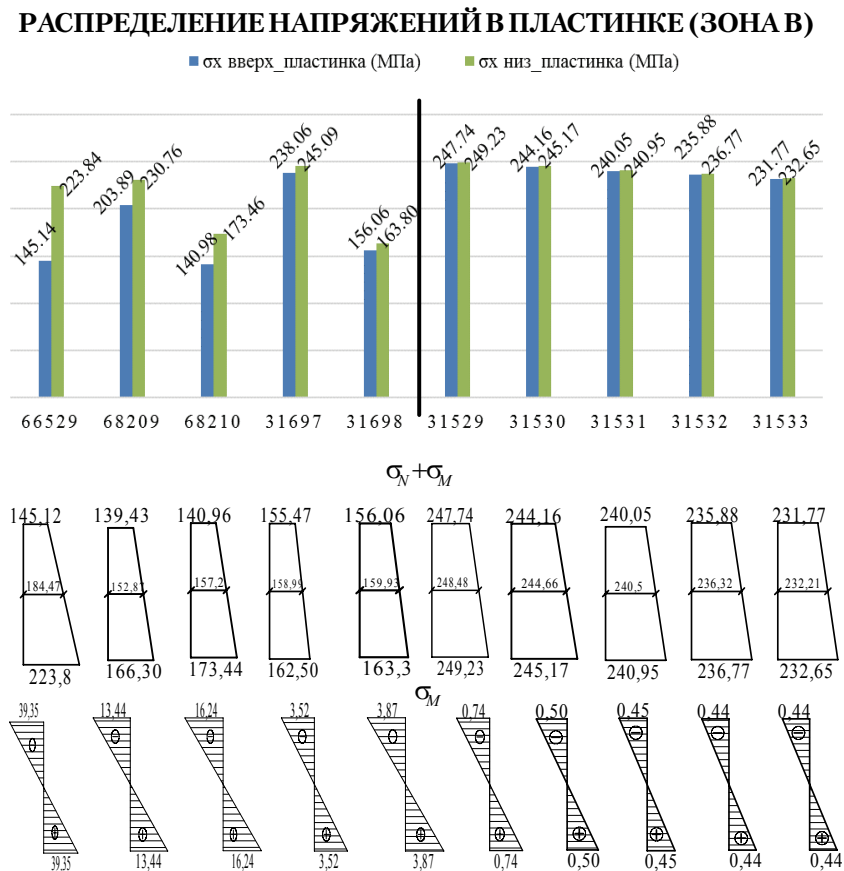


Рисунок 7. Эпюры суммарных нормальных напряжений от изгибающего момента М и продольной силы N.

Литература

1. Бубнов, И. Г. Избранные труды / Под ред. и с предисл. акад. Ю. А. Шиманского. — Ленинград : Судпромгиз, 1956. — 439 с.
2. Жилин, П. А. Прикладная механика. Основы теории оболочек : учебное пособие / П. А. Жилин ; Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербургский гос. политехн. ун-т. — Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. — 166 с. : ил.
3. Карпов, В. В. Прочность и устойчивость подкрепленных оболочек вращения : [в 2 ч.], Ч. 1: Модели и алгоритмы исследования прочности и устойчивости подкрепленных оболочек вращения / В. В. Карпов. — Москва : Физматлит, 2010. — 285 с. : ил.
4. Кириленко В. Ф. Коэффициенты приведенной ширины и редуцированные коэффициенты обшивок трехслойных и двухслойных ребристых панелей / В. Ф. Кириленко // Строительство и техногенная безопасность, 2010. — Вып. 30. — С. 57-72.
5. Красотина, Л. В. Выбор параметров сборных профилированных несущих оболочек по критериям прочности и жесткости : диссертация ... кандидата технических наук : 01.02.06 / Лариса Владимировна Красотина; [Место защиты : Ом. гос. техн. ун-т]. — Омск, 2014. — 141 с. : ил.
6. Кун, П. Расчет на прочность оболочек в самолетостроении / Пер. с англ. А. В. Караваева [и др.] ; под ред. С. Я. Макарова. — Москва : Оборонгиз, 1961. — 306 с. : ил.
7. Моисеенко, М. О., Попов О. Н. Алгоритм расчета пластин с начальным прогибом с учетом податливости контура [Электронный ресурс] / М. О. Моисеенко, О. Н. Попов // Научный альманах. — 2017. №12—2(38). Режим доступа : <http://ucom.ru/doc/na.2017.12.02.043.pdf>
8. Муцанов, В. Ф. Учет совместной работы тонколистовой мембраны с подкрепляющими элементами стабилизирующей системы [Электронный ресурс] / В. Ф. Муцанов, В. А. Шпиньков // Металлические конструкции. — 2016. — Том 22, № 2. Режим доступа : http://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2016-2/02_mushchanov_shpinkov.pdf
9. Папкович, П. Ф. Труды по строительной механике корабля : [В 4 т.] Ч. 3: Сложный изгиб стержней и изгиб пластин / П. Ф. Папкович ; Под общ. ред. [и с предисл.] д-ра техн. наук проф. В. В. Екимова. — Ленинград : Судпромгиз, 1962. — 527 с. : черт.
10. Папкович, П. Ф. Теория упругости / П. Ф. Папкович. — Ленинград ; Москва : Оборонгиз, 1939. — 614 с.
11. Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций в самолетостроении: сборник переводов / Под ред. А. А. Уманского, П. М. Знаменского. — Москва : Центр. аэро-гидродинамич. ин-т им. проф. Н. Е. Жуковского, 1937 — 217 с. : черт.
12. Хертель, Г. Тонкостенные конструкции : (Конструктивные элементы, определение прочных размеров и конструирование в самолетостроении и

Reference

1. Bubnov, I. G. Selected works / ed. and with the preface. akad. Y. A. Shimansky. — Leningrad: Sudpromgiz, 1956. — 439 p. (in Russian)
2. Zhilin, P. A. Applied mechanics. Fundamentals of the theory of shells : textbook / P. A. Zhilin ; Federal Agency for education, St. Petersburg state Polytechnic University. Univ. of Illinois — Saint Petersburg : publishing house of Polytechnical Institute, 2006. — 166 p. : il. (in Russian)
3. Karpov, V. V. Strength and stability of reinforced shells of rotation : [in 2 hours], Part 1 : Models and algorithms for studying the strength and stability of reinforced shells of rotation / V. V. Karpov. — Moscow : Fizmatlit, 2010. — 285 p. : il. (in Russian)
4. Kirilenko, V. F. The coefficients of the given width and pressure coefficients of three-layered panels and double-layered ribbed panels / V. F. Kirilenko. In: *Building and technogenic safety*, 2010. — Vol. 30. — P. 57-72. (in Russian)
5. Krasotina, L. V. Choice of parameters of prefabricated profiled bearing shells according to the criteria of strength and bone gesture : Thes... Ph.D. in Engineering Sciences : 02.01.06 / L. V. Krasotina ; [place of defense: Om. state tech. Un-t]. — Omsk, 2014. — 141 p. : il. (in Russian)
6. Kun, P. Calculation of the strength of the shells in the aircraft / Translation from english A. V. Karavaev [et al.] ; edited by S. Y. Makarova. — Moscow : Oborongiz, 1961. — 306 p. : il.
7. Moiseenko, M. O. Popov, O. N. Algorithm for calculating plates with initial deflection taking into account the compliance of the contour [Electronic resource] / M. O. Moiseenko, O. N. Popov. In: *Scientific almanac*. — 2017. No. 12—2 (38). Mode of access : <http://ucom.ru/doc/na.2017.12.02.043.pdf>
8. Mushchanov, V. F; The combined work sheet membrane with reinforcing elements stabilizing systems [Electronic resource] / V. F. Mushchanov V. A. Shpenkov // In: *Metal construction*. — 2016. — Vol. 22, No. 2. Mode of access : http://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2016-2/02_mushchanov_shpinkov.pdf
9. Papkovich, P. F. Works on the structural mechanics of a ship : [In 4 volumes] Part 3 : Complex bending of the rods and bending of plates / P. F. Papkovich ; Under the General editorship [and with a pref.] Dr. techn. sciences prof. V. V. Ekimova. — Leningrad : Sudpromgiz, 1962. — 527 p. : damn. (in Russian)
10. Papkovich, P. F. Theory of elasticity / P. F. Papkovich, — Leningrad ; Moscow : 1939. — 614 p. (in Russian)
11. The strength and stability of thin-walled structures in aircraft : a collection of translations / ed. by A. A. Umansky, M. P. Znamensky. — Moscow : Center. Aero-hydrodynamic. they un-t. prof. Zhukovsky, 1937 — 217 p : damn. (in Russian)
12. Hertel, G. Thin-walled structures : (Structural elements, determination of durable dimensions and design in aircraft and other branches of technology) /

- др. отраслях техники) / Пер. с нем. Е. М. Марьиной [и др.] ; Под ред. В. А. Марьиной, П. М. Любалина. — Москва : Машиностроение, 1965. — 527 с.
13. Cyclic Elastoplastic Large Deflection Analysis of Thin Steel Plates / S. Banno, I. Mamaghani, T. Usami, E. Mizuno // *Journal of Engineering Mechanics*, April 1998, Vol. 124, №. 4. P. 363-370.
 14. EN 1993-1-5. Eurocode 3 : design of metal structures. Part 1-5. Plated structural elements [Electronic resource] [Authority: The European Union Per Regulation 3/05/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]. Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1993.1.5.2006.pdf>
 15. Wang, X. Determination of effective breadth and effective width of stiffened plates by finite strip analyses / X. Wang, F. G. Rammerstorfer // In : *Thin-Walled Structures*, Volume 26, Issue 4, 1996, P. 261-286 .
 - Trans. him. E. M. Marina [and others] ; Under the editorship of V. A. Marina, P. M. Lubalin. — Moscow : Mashine industry, 1965. — 527 p.
 13. Cyclic Elastoplastic large deflection analysis of thin steel plates / S. Banno, I. Mamaghani, T. Usami, E. Mizuno In : *Journal of engineering mechanics*. April 1998, vol. 124, no. 4: P. 363-370.
 14. EN 1993-1-5. Eurocode 3 : design of metal structures. Parts 1-5. Coated structural elements [Electronic resource] [authority : European Union per regulation 3/05/2011, Directive 98/34 / EC, Directive 2004/18 / EC]. Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1993.1.5.2006.pdf>
 15. Wang, H., Rammerstorfer F. G. Determining the effective width and the effective width of the plates supported by the finite-Band analysis method / H. Wang, F. G. Rammerstorfer, Volume 26, Issue 4, 1996, P. 261-286 .

Мушанов Владимир Филиппович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики, проректор по научной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Член международной организации «Институт гражданских инженеров» и международной организации «Пространственные конструкции», академик Академии строительства Украины и Украинской академии наук, член-корреспондент академии архитектуры Украины. Научные интересы: теория надежности, расчет, проектирование и техническая диагностика пространственных металлических конструкций.

Шпильков Владимир Александрович — ассистент кафедры теоретической и прикладной механики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: расчет и проектирование пространственных систем покрытий в виде мембранных покрытий на эллиптическом плане.

Мушанов Володимир Пилипович — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної і прикладної механіки, проректор з наукової роботи ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів» і міжнародної організації «Просторові конструкції», академік Академії будівництва України і Української академії наук, член-корреспондент Академії архітектури України. Наукові інтереси: теорія надійності, розрахунок, проектування та технічна діагностика просторових металевих конструкцій.

Шпильков Володимир Олександрович — асистент кафедри теоретичної і прикладної механіки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розрахунок і проектування просторових систем покриттів у вигляді мембранних покриттів на еліптичному плані.

Mushchanov Volodymyr — D.Sc. (Engineering), Professor; Head of the Theoretical and Applied Mechanics Department, vice-rector on the scientific activity of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A member of the international organization «Institute of Civil Engineer» and international organization of «Spatial Structures», the academician of the Civil Engineering Academy in Ukraine and the Academy of Sciences of Ukraine, an associate member of the Academy of Architecture of Ukraine. Scientific interests: the reliability theory, analyze, designing and engineering diagnostics of spatial metallic structures.

Shpinkov Vladimir — assistant, Theoretical and Applied Mechanics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: calculation and design of spatial coating systems in the form of membrane coatings on an elliptical plane.