

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СТРУНОБЕТОННЫХ БРУСЬЯХ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

Представлено метод оцінки екстремальних нормальних напружень в брусах стрілочних переводів для крайніх схем навантажень.

Представлен метод оценки экстремальных нормальных напряжений в брусках стрелочных переводов для крайних схем нагрузок.

The method of estimation of extreme normal tensions in the squared beams of switches for the extreme charts of loadings is presented.

Схема рельсов, шпал и брусков стрелочных переводов составляет ростверк на многослойном упругом основании под динамической нагрузкой. При расчёте внутренних усилий в шпалах и брусках стрелочных переводов применяются упрощённые схемы и статические нагрузки [2, 3]. Расчётная статическая схема бруса принята в виде балки постоянной жёсткости на упругом основании. Коэффициент постели балластного слоя и земляного полотна принято:  $C = 100 \text{ Н/см}^3$ . Схема внешней нагрузки, согласно требованиям польских железных дорог [1], принята в виде сосредоточенных сил: горизонтальной  $H = 60,00 \text{ кН}$ , вертикальной  $P = 140,00 \text{ кН}$ . Бруска стрелочных переводов в зависимости от их расположения являются балками различной длины в пределах 2200...5000 мм. В Польше изготавливают струнобетонные бруска постоянного по длине сечения. Поперечное сечение брусков – трапециевидное с основаниями 290 мм (нижнее), 260 мм (верхнее) и высотой 210 мм. Вес погонного метра бруса составляет 152 кг, площадь поперечного сечения –  $601 \text{ см}^2$ , а площадь опирания на балласт –  $2999 \text{ см}^2/\text{м}$ . Напрягаемая арматура состоит из 12-и стальных стержней диаметром 8 мм, с высаженными головками типа BBRV [4]. Основную анкеровку обеспечивают стальные плиты и высаженные головки. Сцепление арматуры с бетоном имеет второстепенное значение. Напрягающее усилие, после учёта потерь напряжения, равно 551,52 кН. Равнодействующая напрягающей силы расположена на 5 мм выше центра тяжести поперечного сечения. Бруска изготавливают из бетона марки М50.

Результаты расчетов, приведенные в настоящей статье, относятся к стрелочному переводу типа RzS 49-190-1:9, в котором насчиты-

вается 53 бруса. В зависимости от номера бруса меняется схема внешней нагрузки.

В статье представлены результаты расчёта для бруса номер 39, длина которого равна 4000 мм. Расчёты выполнены методом конечных элементов (МКЭ). В расчётной схеме внешняя нагрузка и напрягающее усилие заменены на силы, сосредоточенные в узлах сетки. Напрягающие силы передаются на бетон через стальные плиты. Расчёты выполнены при условии, что внешняя нагрузка действует только в подрельсовых сечениях левой части бруса, а правая часть остаётся незагруженной. Принято также, что не учитывается собственный вес бруса. Расчёты проведены для 3-х схем нагрузок. В первой схеме действует только вертикальная нагрузка  $P$  в подрельсовых сечениях; во второй, кроме вертикальной нагрузки, на левое подрельсовое сечение действует горизонтальная сила  $H$  на уровне головки рельса. В третьей схеме приняты вертикальные силы в подрельсовых сечениях  $P$  и горизонтальная сила  $H$  в подрельсовом сечении в середине длины бруса. При такой нагрузке правая, незагруженная часть бруса, будет перемещаться вверх при всех трёх видах нагрузок. Например, при нагрузке согласно первой схеме, перемещение правого торца бруса равно 0,16 см. Результаты расчетов для трёх схем нагрузки и невесомости бруса будут считаться экстремальными. В действительности не может быть свободного перемещения правой незагруженной части бруса. Таким перемещениям будут противодействовать собственный вес бруса, креплений, рельсов и соседних брусков. Правая часть рельсов не может быть загружена эксплуатационной нагрузкой одновременно с левой. Для всех схем внешней нагрузки и напрягающей силы построены эпюры нормальных напряжений (рис. 1–3).

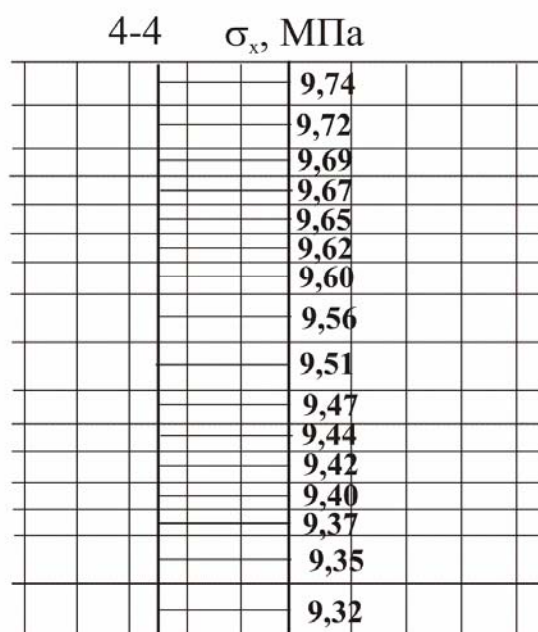
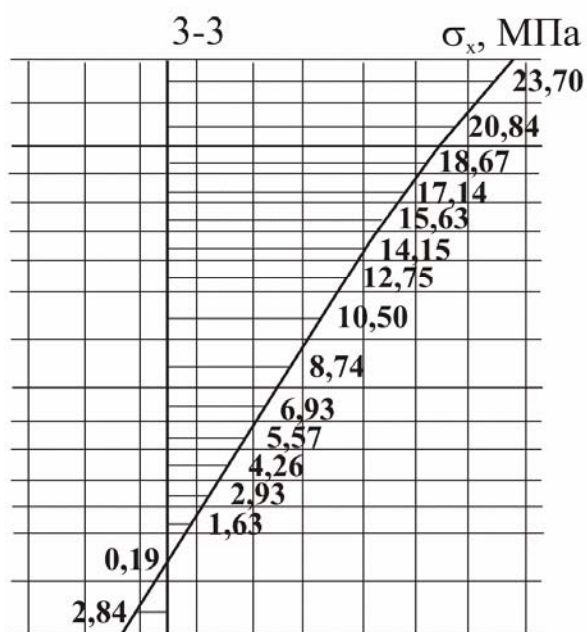
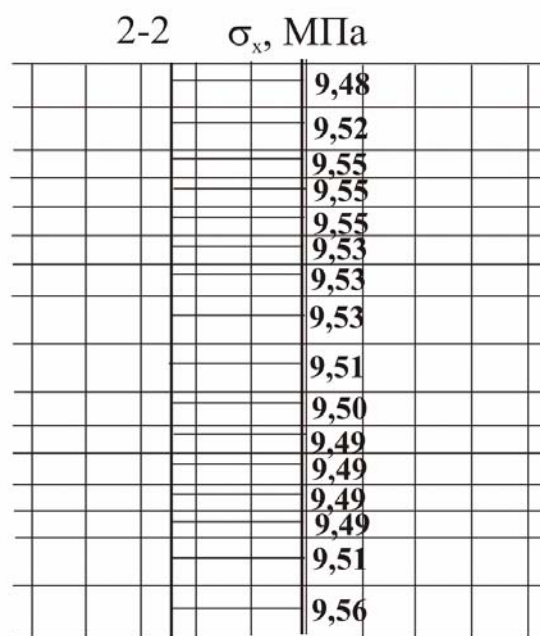
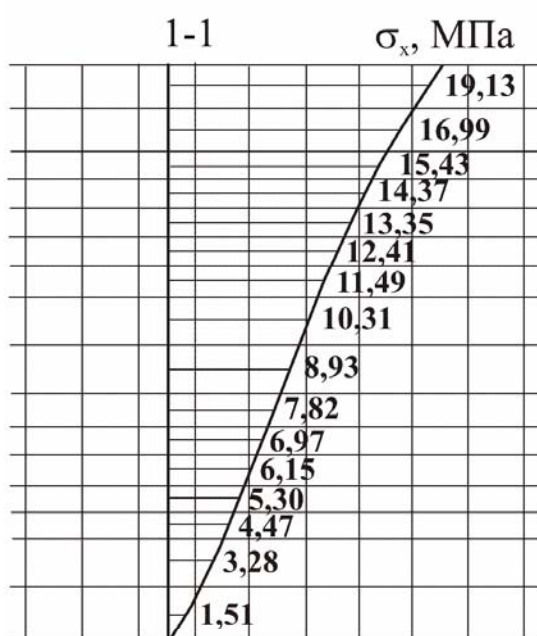
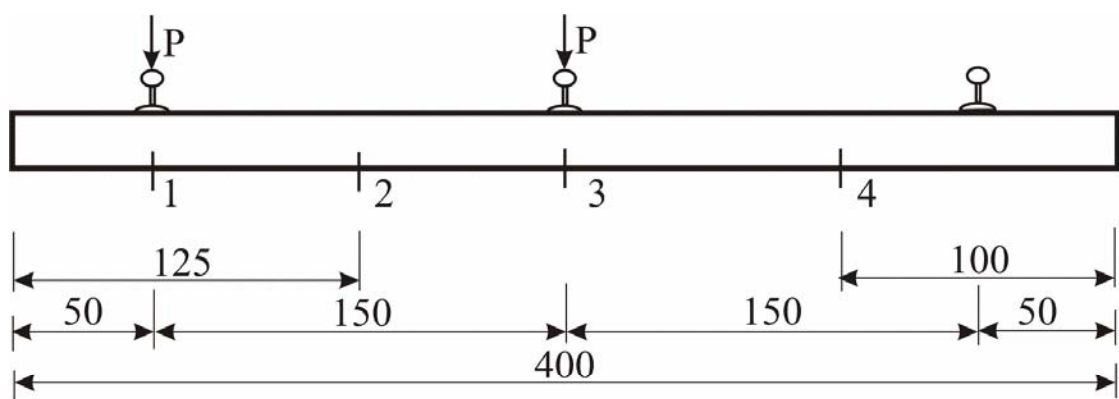


Рис. 1. Эпюры нормальных напряжений для первой схемы нагрузки

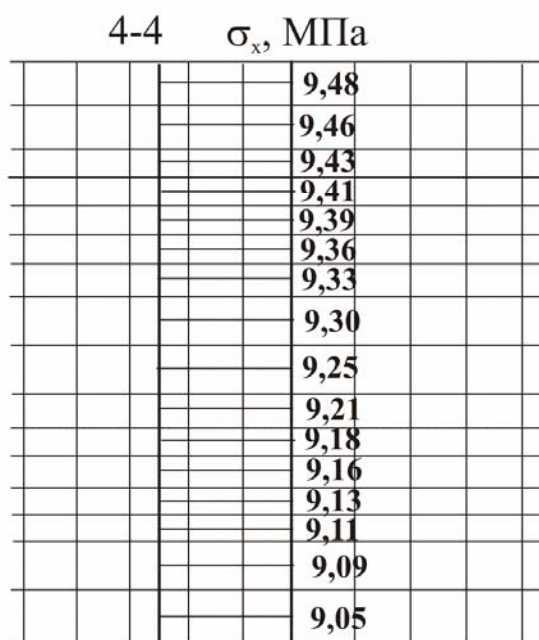
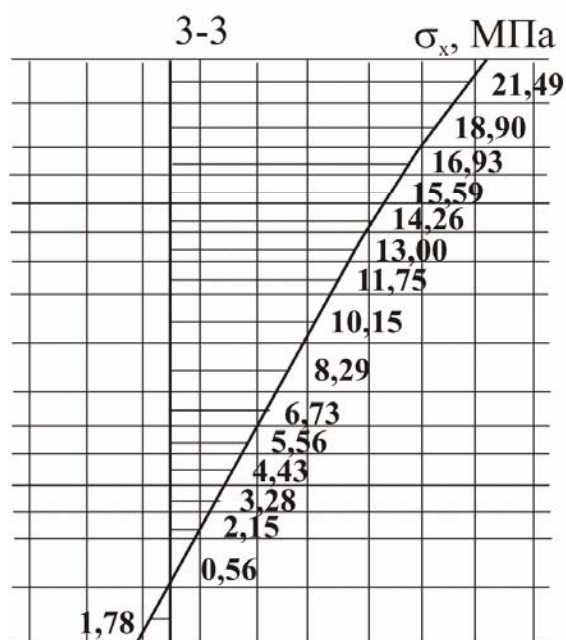
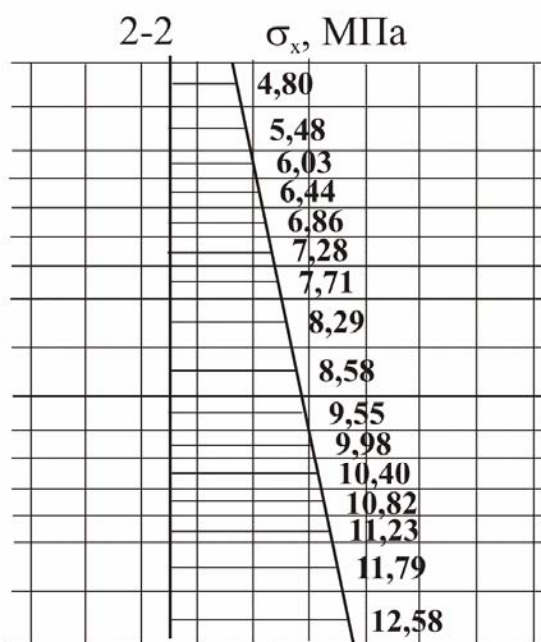
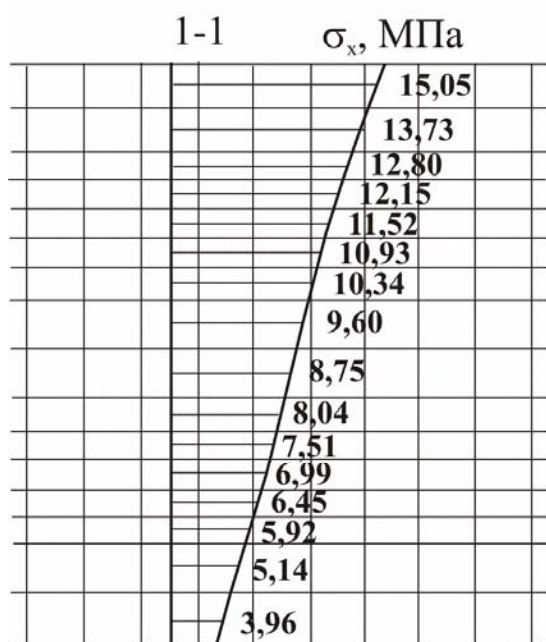
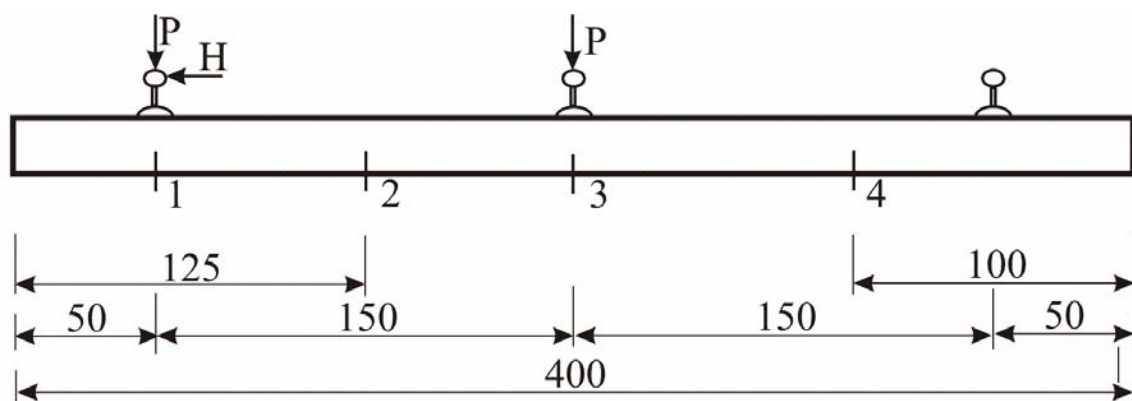


Рис. 2. Эпюры нормальных напряжений для второй схемы нагрузки

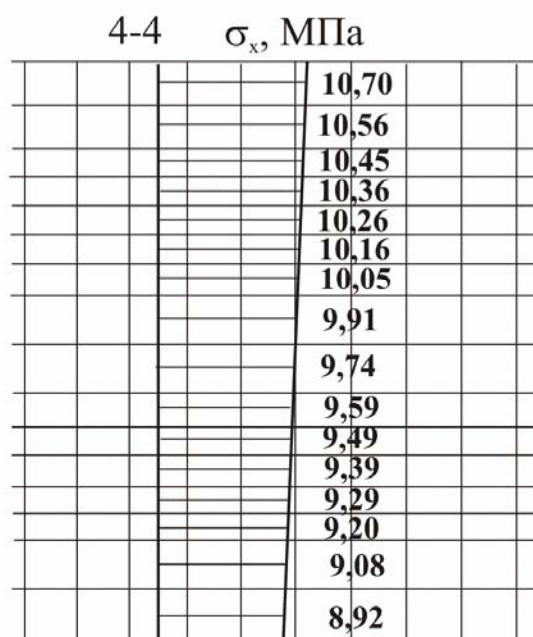
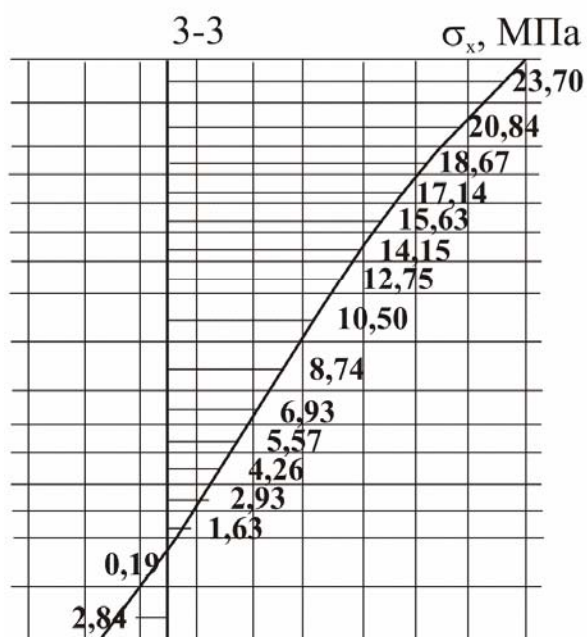
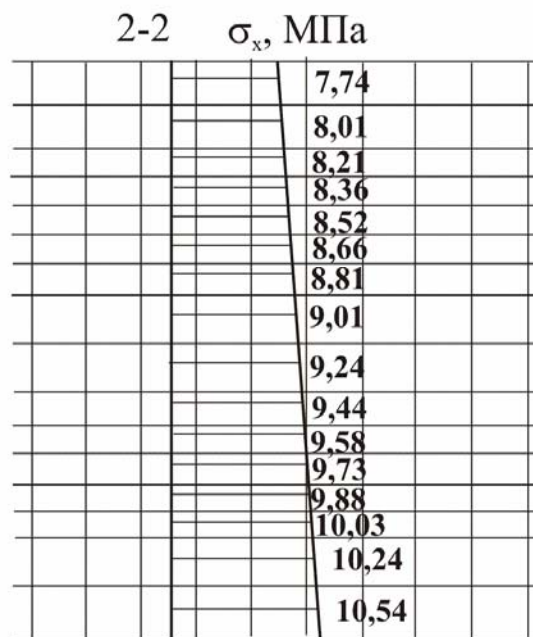
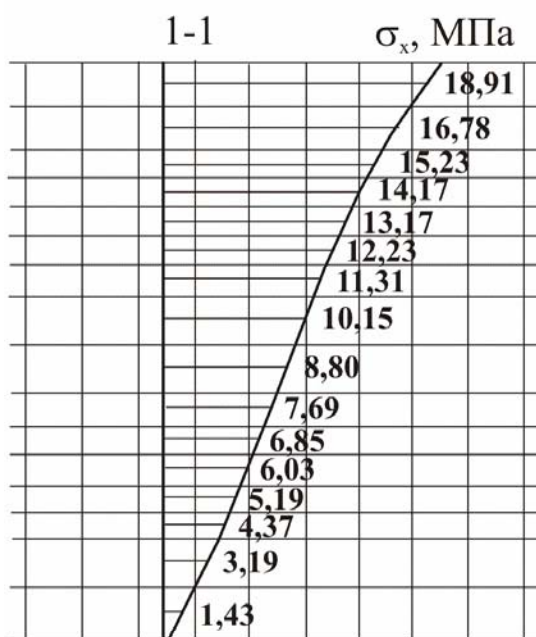
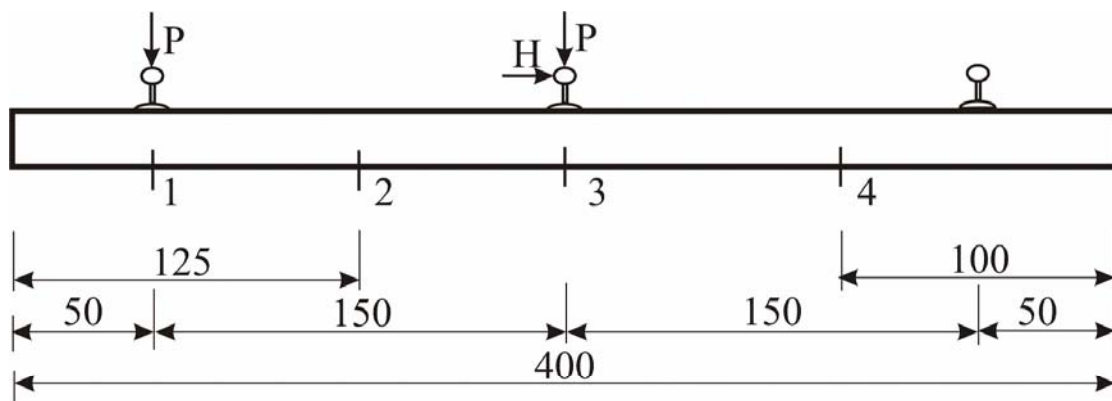


Рис. 3. Эпюры нормальных напряжений для третьей схемы нагрузки

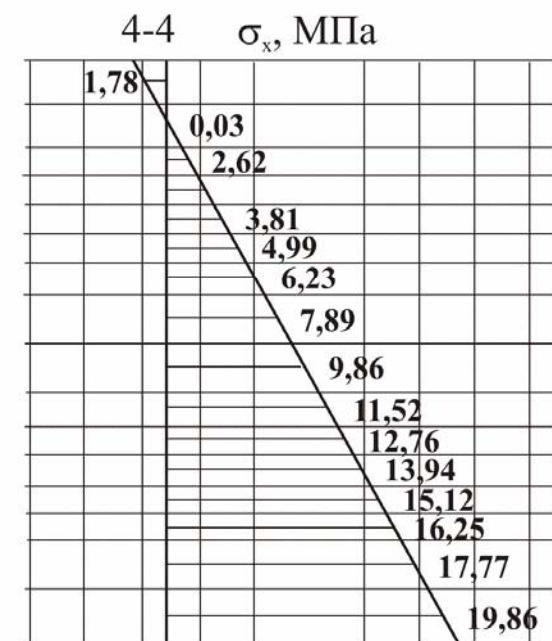
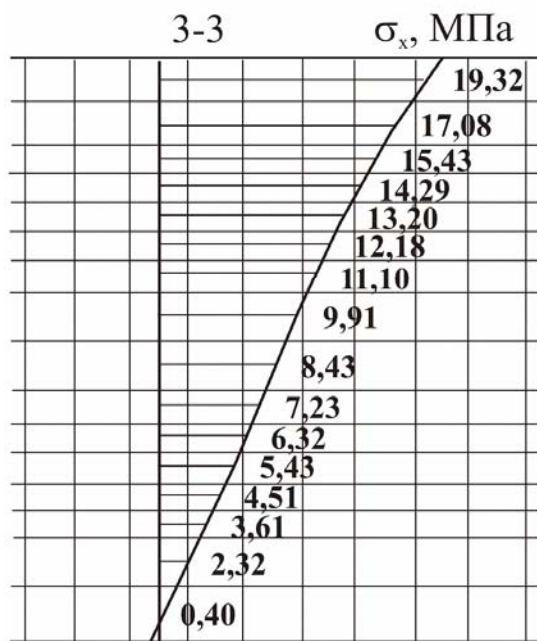
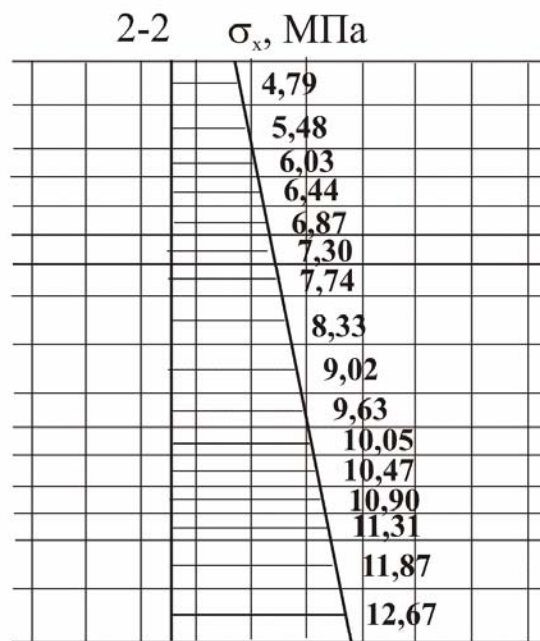
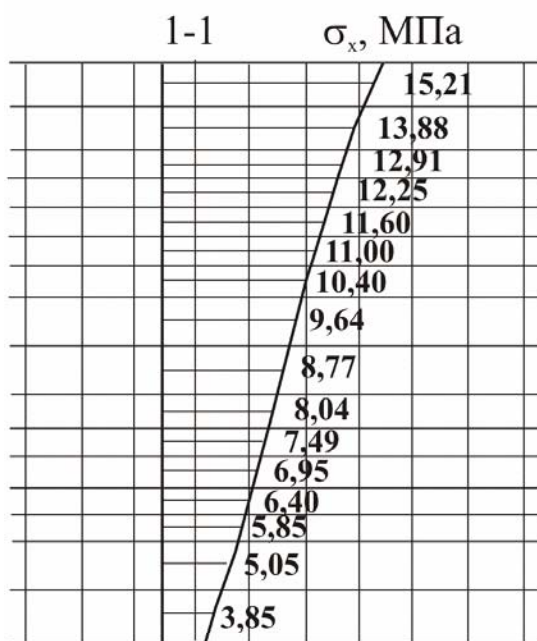
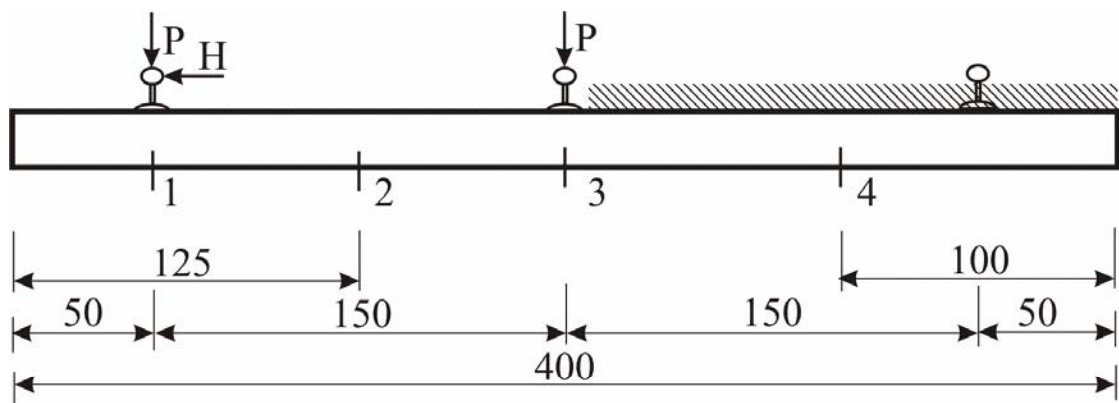


Рис. 4. Эпюры нормальных напряжений для четвёртой схемы нагрузки

Нормальные напряжения от преднапряжения и внешней нагрузки в сечениях бруса номер 39

| Схема нагрузки | Нормальные напряжения в крайних гранях ( $g$ – верхней, $d$ – нижней) поперечного сечения, МПа |      |      |       |       |       |       |       |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | 1                                                                                              |      | 2    |       | 3     |       | 4     |       |
|                | $g$                                                                                            | $d$  | $g$  | $d$   | $g$   | $d$   | $g$   | $d$   |
| 1              | 19,13                                                                                          | 1,51 | 9,48 | 9,56  | 23,70 | –2,84 | 9,74  | 9,32  |
| 2              | 15,05                                                                                          | 3,96 | 4,80 | 12,58 | 21,49 | –1,78 | 9,48  | 9,05  |
| 3              | 18,91                                                                                          | 1,41 | 7,74 | 10,54 | 24,71 | –3,16 | 10,70 | 8,92  |
| 4              | 15,21                                                                                          | 3,85 | 4,79 | 12,67 | 19,32 | 0,40  | –1,78 | 19,86 |

Выполнены, также, расчёты бруса для четвёртой схемы при отсутствии вертикального перемещения правой части бруса. Внешнюю нагрузку принято, как во второй схеме. Эпюры нормальных напряжений для этого случая нагружения приведены на рис. 4 (см. выше). Результаты таких расчётов будут вторым экстремальным значением нормальных напряжений. В сечениях 1 и 2 нормальные напряжения в четвёртой схеме остались почти такими, как в схеме нагрузки 2. В сечении 3 на верхней грани напряжения уменьшились на 10 %, а на нижней повысились на 123 %. Существенное изменение напряжений произошло в сечении 4 (на верхней грани уменьшилось на 119 %, а на нижней повысилось на 120 %). Ввиду закрепления правой части бруса образовались максимальные сжимающие напряжения (19,66 МПа) на нижней грани по сравнению с напряжениями сжимающими на нижней грани при схемах 1, 2, 3. На верхней грани, при схеме нагружения 4, образовались самые большие растягивающие напряжения (1,78 МПа).

В статье проведён анализ только нормальных напряжений в сечениях бруса от предварительного напряжения и внешней нагрузки, поскольку напряжение на крайних гранях (верх-

ней и нижней) определяют предельные состояния несущей способности и трещиностойкости. Представлены результаты только для одного бруса из-за ограничения объёма.

Предложенный метод оценки предела изменений экстремальных напряжений можно применять для любых номеров брусьев стрелочных переводов и для других видов нагрузки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bałuch, H. Diagnostyka nawierzchni kolejowej [Текст] / H. Bałuch. – Warszawa: WKŁ., 1978.
2. Basiewicz, T. Nawierzchnia kolejowa z podkładami betonowymi [Текст] / T. Basiewicz. – Warszawa: WKŁ., 1989.
3. Syczewski, M. Obliczanie podkładów na sprężystym podłożu [Текст] / M. Syczewski // Analiza badania ich rysoodporności. – Białystok: ZN.PB., 1985.
4. Sekcja konstrukcji betonowych KILiW PAN: Podstawy projektowania konstrukcji żelbetonowych i sprężonych. Praca zbiorowa [Текст]. – Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2006.

Поступила в редколлегию 09.03.2010.

Принята к печати 14.03.2010.