

РАСЧЕТ НЕРАЗРЕЗНЫХ БАЛОК С УЧЕТОМ ЖЕСТКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кобринец В.М., Гошевец А.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Рассмотрено влияние изменения жесткости в пролетах неразрезных балок на величины изгибающих моментов и прогибов.

Изменение жесткости строительных конструкций может произойти в результате появления трещин, изменения размеров поперечного сечения либо под влиянием специфических условий окружающей среды. Эти условия могут быть благоприятными и неблагоприятными.

В трехпролетной неразрезной балке, загруженной равномерно распределенной нагрузкой, происходит изменение жесткости под воздействием определенных условий длительной эксплуатации (Рис. 1). В балке появляется наведенная неоднородность [1].

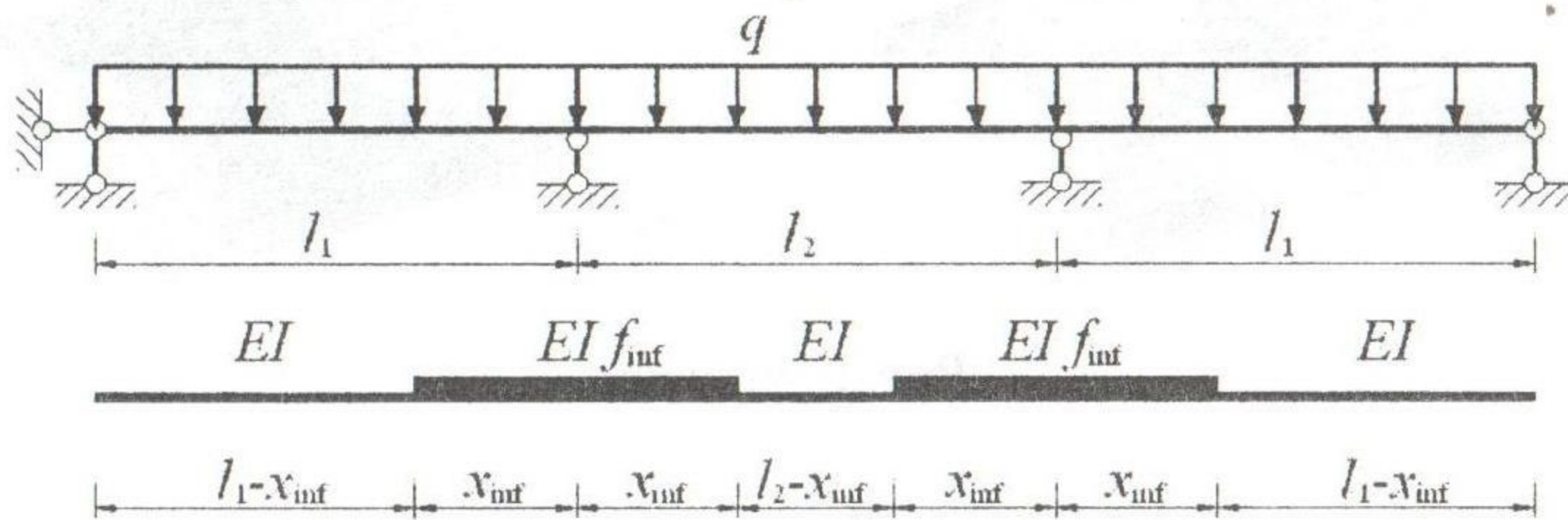


Рис. 1 Схема балки и эпюра жесткостей

Фронт воздействия возникает на опорах B и C и затем перемещается в пролеты. Изменение жесткости по глубине сечения учитывается функцией f_{inf} . В данном случае предполагается, что в слое сечения, куда проникло воздействие, происходит изменение модуля упругости.

Для прямоугольного сечения $b \times h$ при жестком симметричном воздействии по всему периметру функция влияния среды имеет вид

$$f_{inf} = (1 - 2\mu_{1.inf})(1 - 2\mu_{2.inf})^3 (1 - \alpha_{inf}) + \alpha_{inf}, \quad (1)$$

здесь $\mu_{1.inf} = \frac{b_{inf}}{b}$, $\mu_{2.inf} = \frac{h_{inf}}{h}$, $\alpha_{inf} = \frac{E_{inf}}{E}$.

При другом характере воздействия функция f_{inf} будет другой. Глубина зоны проникновения среды обозначена b_{inf}^* и h_{inf}^* и зависит от времени. При неблагоприятном воздействии $\alpha_{inf} < 1$, при благоприятном $\alpha_{inf} > 1$. Если $\alpha_{inf} = 1$ это означает, что окружающая среда влияния на деформированные свойства материала не оказывает. При $\alpha_{inf} = 0$ будет происходить коррозионный износ [2].

Для балки с одинаковыми крайними пролетами $l_1 = l_3$ моменты на опорах B и C будут равны между собой

$$M_B^* = -\frac{\Delta_{1q}}{\delta_{11} + \delta_{12}}, \quad (2)$$

где:

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} \left\{ l_1 \left[(1 - \nu_1^*)^3 \left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) + \frac{1}{f_{inf}} \right] + l_2 \left[\left((1 - \nu_2^*)^3 - \nu_2^{*2} \right) \left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) + \frac{1}{f_{inf}} \right] \right\}, \quad (3)$$

$$\delta_{12} = \frac{l_2}{6EI} \left\{ \left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) \left[\nu_2^{*2} (2\nu_2^* - 3) - (1 - \nu_2^*)^2 (2 \cdot (1 - \nu_2^*) - 3) \right] + \frac{1}{f_{inf}} \right\}, \quad (4)$$

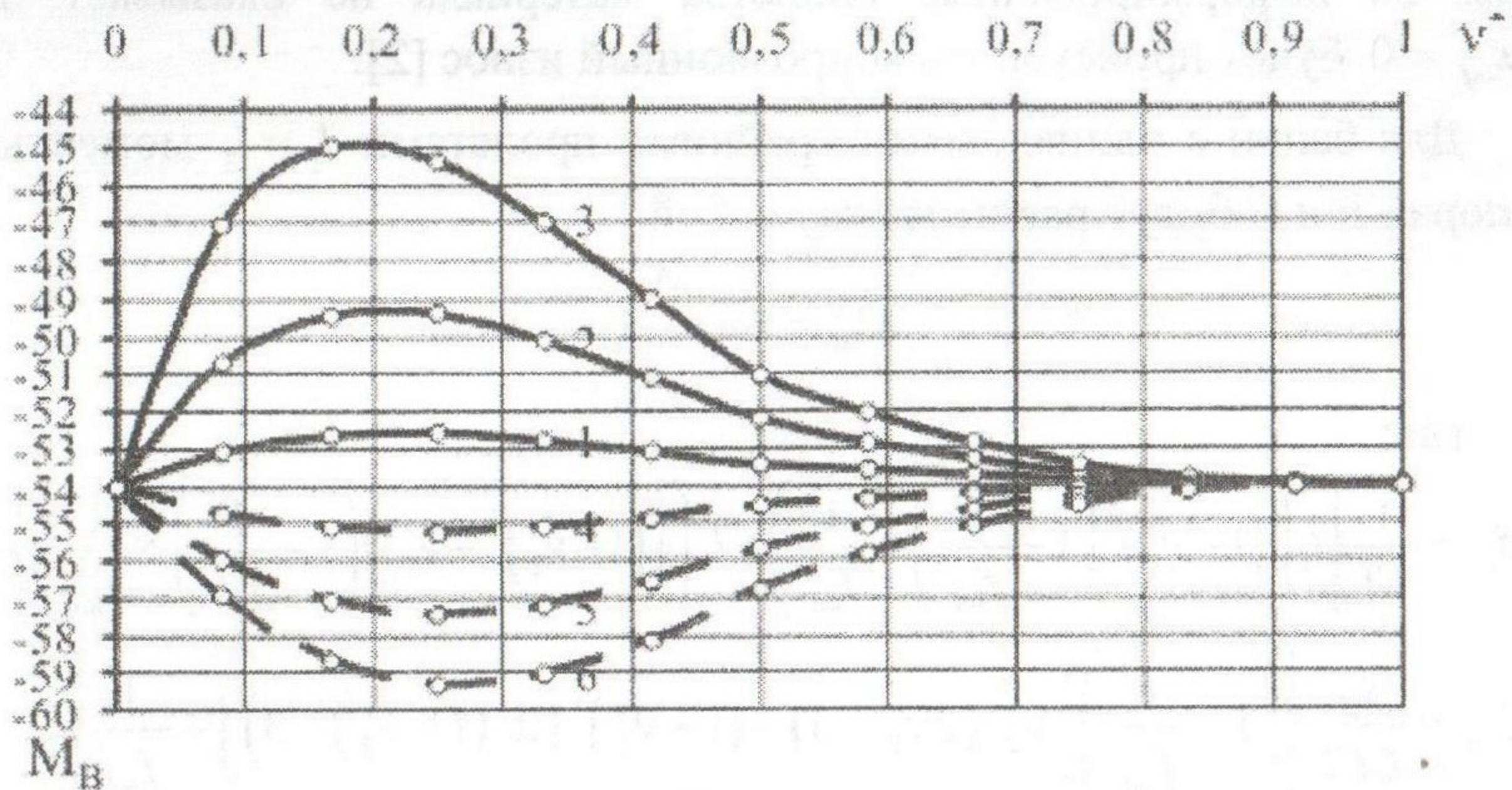
$$\begin{aligned} \Delta_{1P} = & \frac{ql_1^3}{24EI} \left[\left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) \left((1 - \nu_1^*)^3 (4 - 3 \cdot (1 - \nu_1^*)) \right) + \frac{1}{f_{inf}} \right] + \\ & + \frac{ql_2^3}{24EI} \left[\left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) \left(\nu_2^{*3} (3\nu_2^* - 4) + (1 - \nu_2^*)^3 (4 - 3 \cdot (1 - \nu_2^*)) \right) + \frac{1}{f_{inf}} \right], \quad (5) \end{aligned}$$

В формулах (3) – (8) продвижение фронта воздействия по длине пролета обозначено $\nu^* = x_{inf}^*/l$.

Изменение моментов на опоре B и в середине крайнего и среднего пролетов для балки, когда $l_1 = l_2 = l_3$, при благоприятном и агрессивном воздействии показано на рис. 2–4.

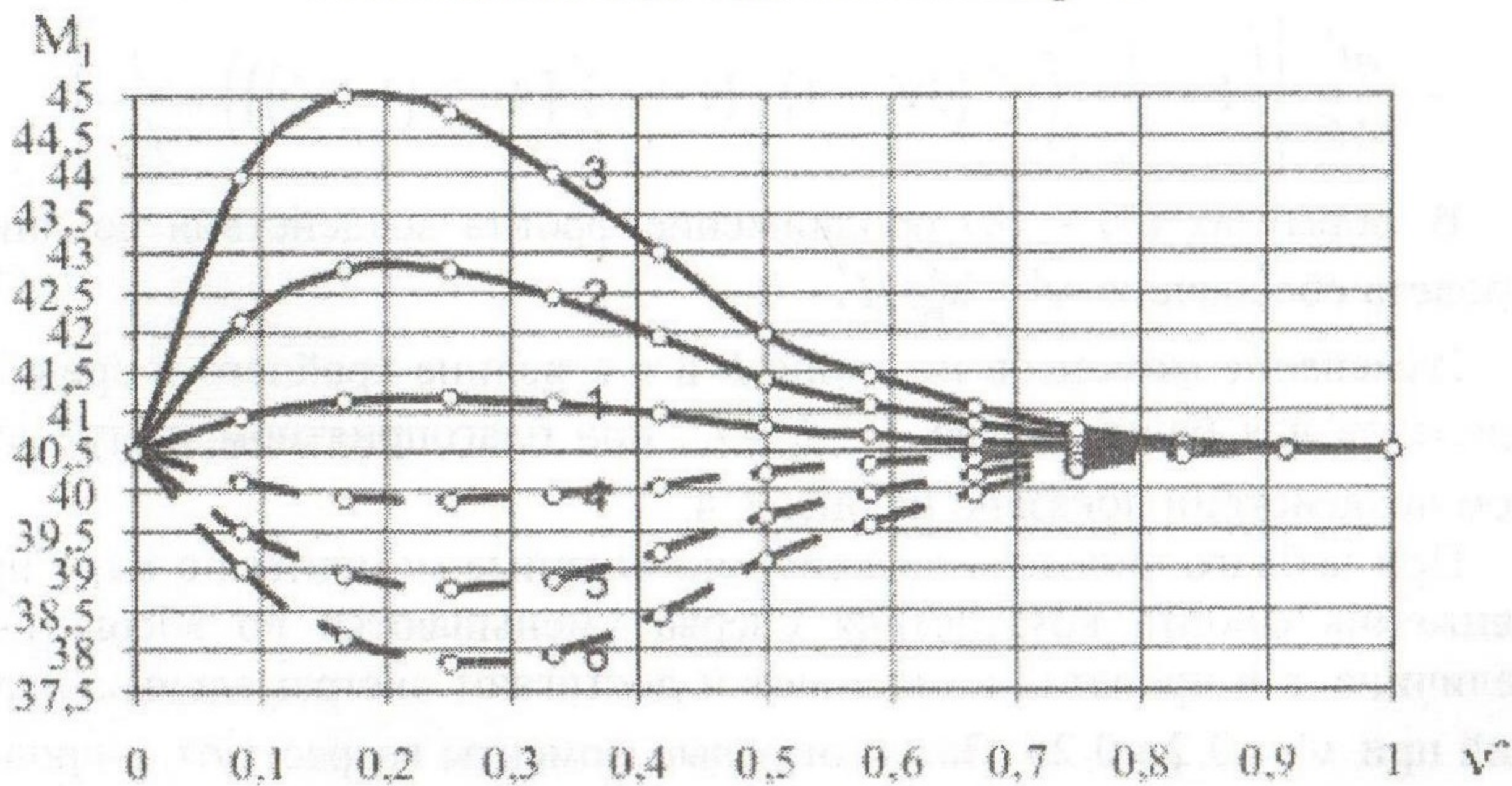
При неблагоприятном воздействии опорные моменты по мере продвижения фронта воздействия сперва уменьшаются по абсолютной величине, а в пролетах возрастают и достигают экстремальных значений при $\nu^* = 0,2 \div 0,25$. Затем опорные моменты возрастают, а пролетные уменьшаются и при $\nu^* = 1$ достигают первоначальных значений. Наиболее интенсивно изменяется момент в среднем пролете и достигает 9,3% при 10%-ом изменении жесткости. Если $l_1 = 2l_2$ опорные моменты и момент в среднем пролете уменьшаются (по абсолютной ве-

личине), а в крайнем увеличиваются, но не превышают 5%. При $l_1 = 0,5l_2$ моменты на опоре и в крайнем пролете уменьшаются, а в среднем возрастают, но не превышают 5%. Следовательно, изменение жесткости на 5 ÷ 10 % при определенном соотношении длин пролетов можно не учитывать.



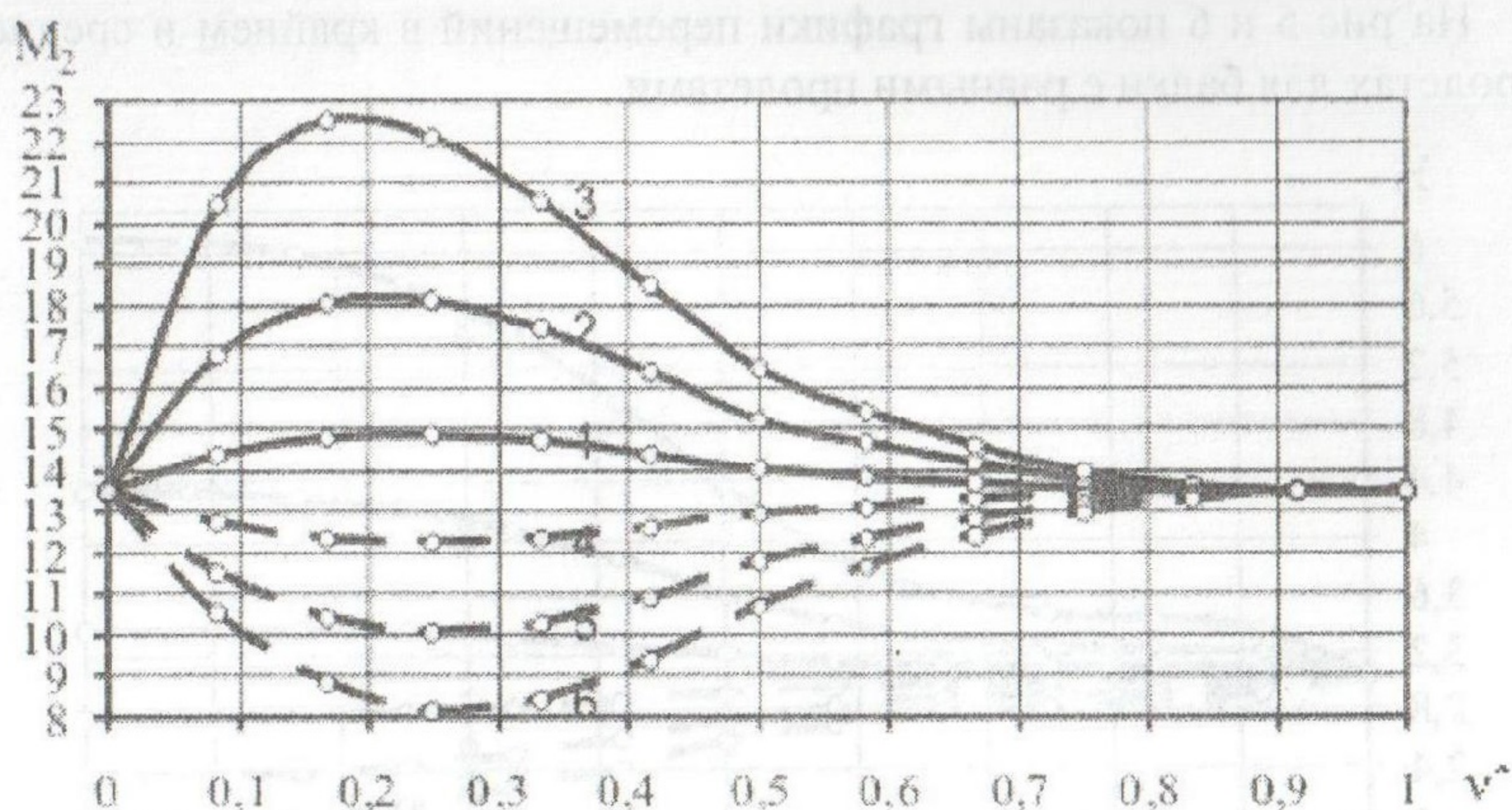
1 – $f_{inf} = 0,9$; 2 – $f_{inf} = 0,7$; 3 – $f_{inf} = 0,5$;
 4 – $f_{inf} = 1,1$; 5 – $f_{inf} = 1,3$; 6 – $f_{inf} = 1,5$.

Рис. 2 Изменение момента на опоре В



1 – $f_{inf} = 0,9$; 2 – $f_{inf} = 0,7$; 3 – $f_{inf} = 0,5$;
 4 – $f_{inf} = 1,1$; 5 – $f_{inf} = 1,3$; 6 – $f_{inf} = 1,5$.

Рис. 3 Изменение момента в крайнем пролете



1 - $f_{inf} = 0,9$; 2 - $f_{inf} = 0,7$; 3 - $f_{inf} = 0,5$;
 4 - $f_{inf} = 1,1$; 5 - $f_{inf} = 1,3$; 6 - $f_{inf} = 1,5$.

Рис. 4 Изменение момента в среднем пролете

При благоприятном воздействии изменение опорных и пролетных моментов аналогично, но носит обратный характер.

Перемещения в пролетах неразрезной балки по-разному реагируют на воздействие окружающей среды. Для определения перемещений воспользуемся методами строительной механики. Прогиб в середине крайнего пролета

при $0 \leq x_{inf}^* \leq l_1/2$

$$y = \frac{M_1 l_1^2}{48EI} \left[3 + 4v_{1,inf}^{*2} (2v_{1,inf}^* - 3) \left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) \right] + \frac{ql_1^4}{48EI} \left[\frac{5}{8} - v_{1,inf}^{*3} (4 - 3v_{1,inf}^*) \left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) \right] \quad (6)$$

при $x_{inf}^* > l_1/2$

$$y = \frac{M_1 l_1^2}{48EI} \left[\frac{3}{f_{inf}} + 8(1 - v_{1,inf}^*) \left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) \right] + \frac{ql_1^4}{48EI} \left[\frac{5}{8f_{inf}} - (1 - v_{1,inf}^*)^3 (3(1 - v_{1,inf}^*) - 4) \left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) \right] \quad (7)$$

Прогиб в среднем пролета

$$y = \frac{l_2^2}{24EI} \left\{ 3M_1 \left[1 - 4v_{2,inf}^{*2} \left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) \right] + ql_2^2 \left[\frac{5}{16} - v_{2,inf}^{*3} (4 - 3v_{2,inf}^*) \right] \left(1 - \frac{1}{f_{inf}} \right) \right\} \quad (8)$$

На рис 5 и 6 показаны графики перемещений в крайнем и среднем пролетах для балки с равными пролетами

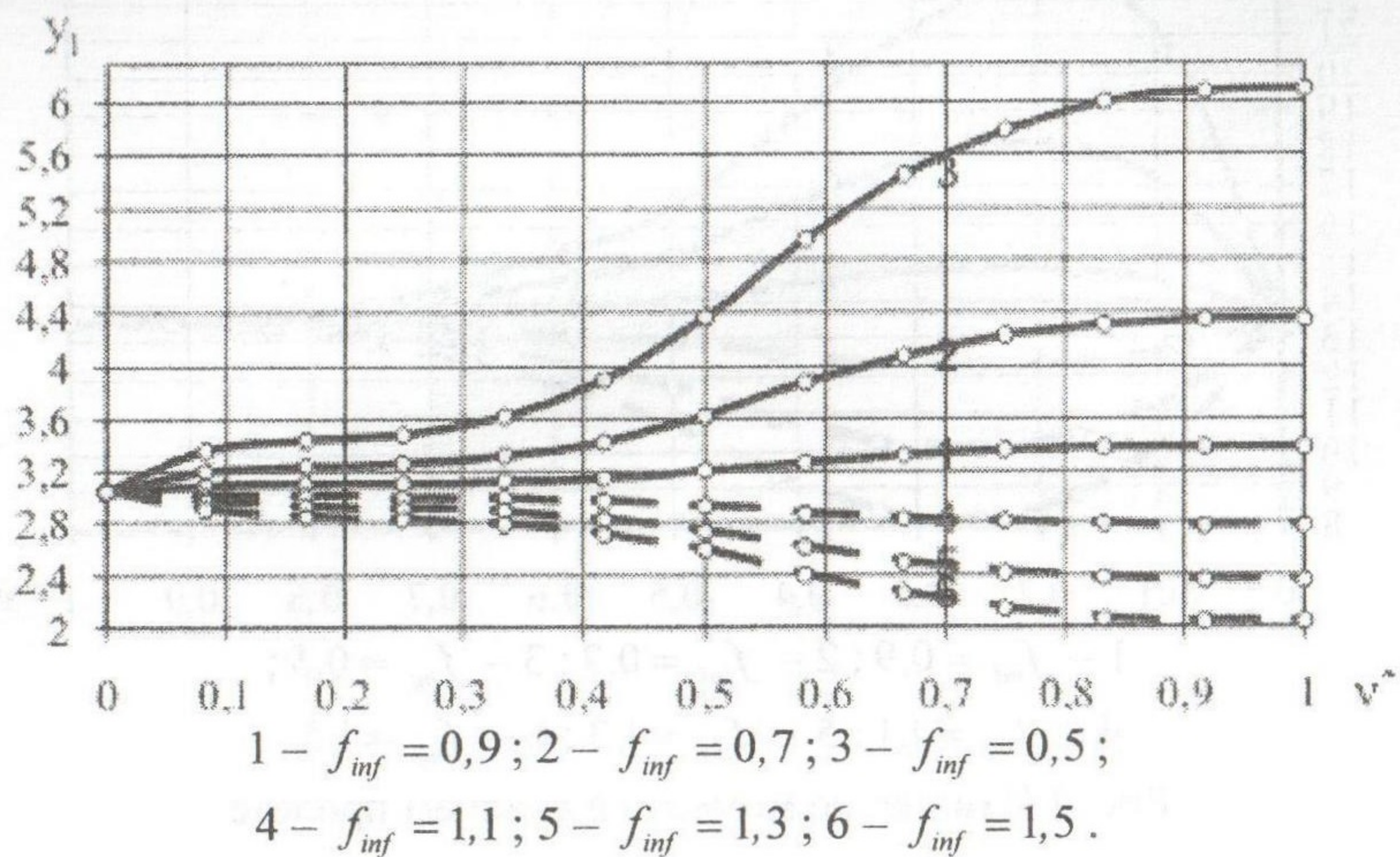


Рис. 5 Изменение прогиба в крайнем пролете

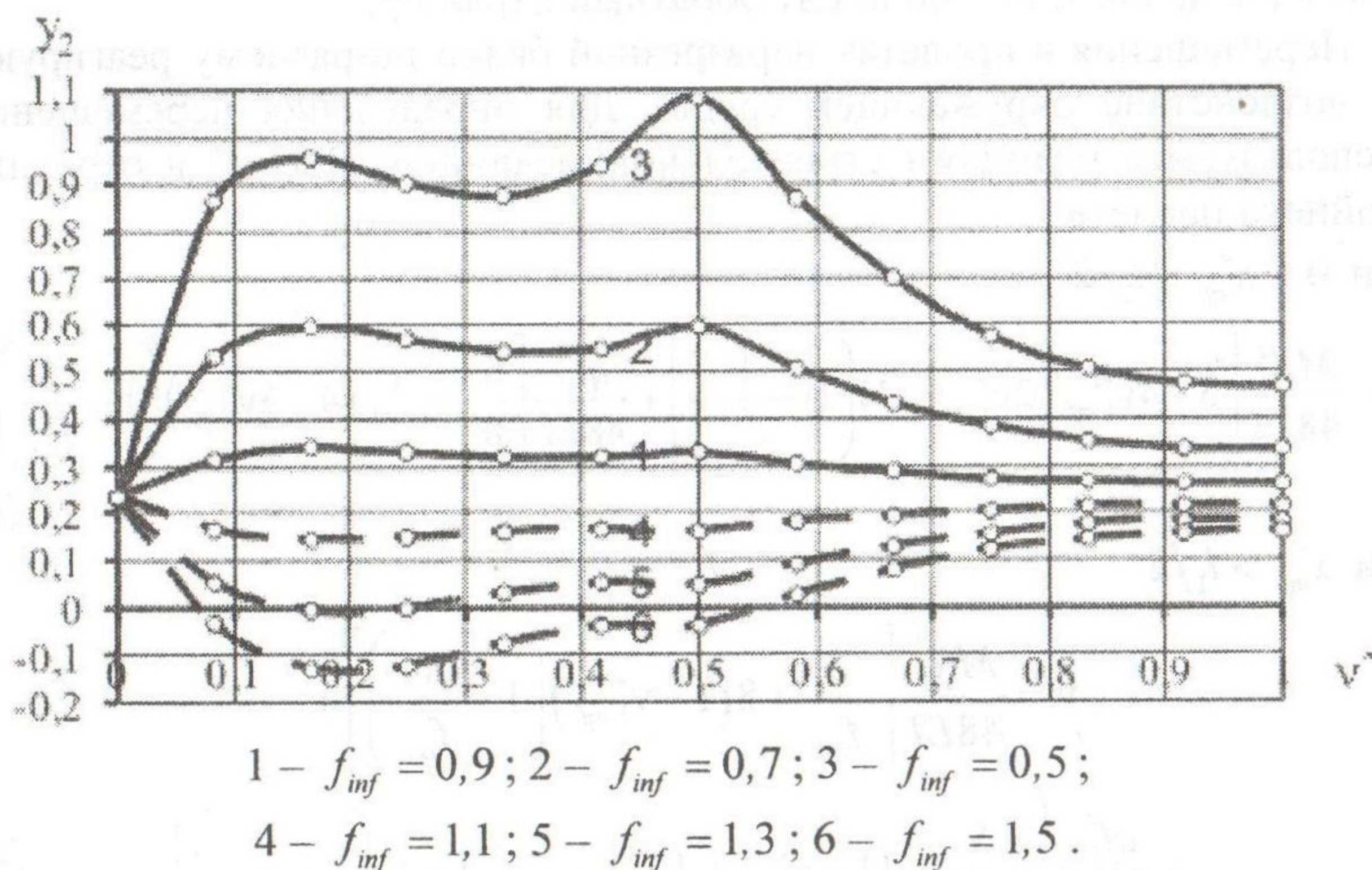


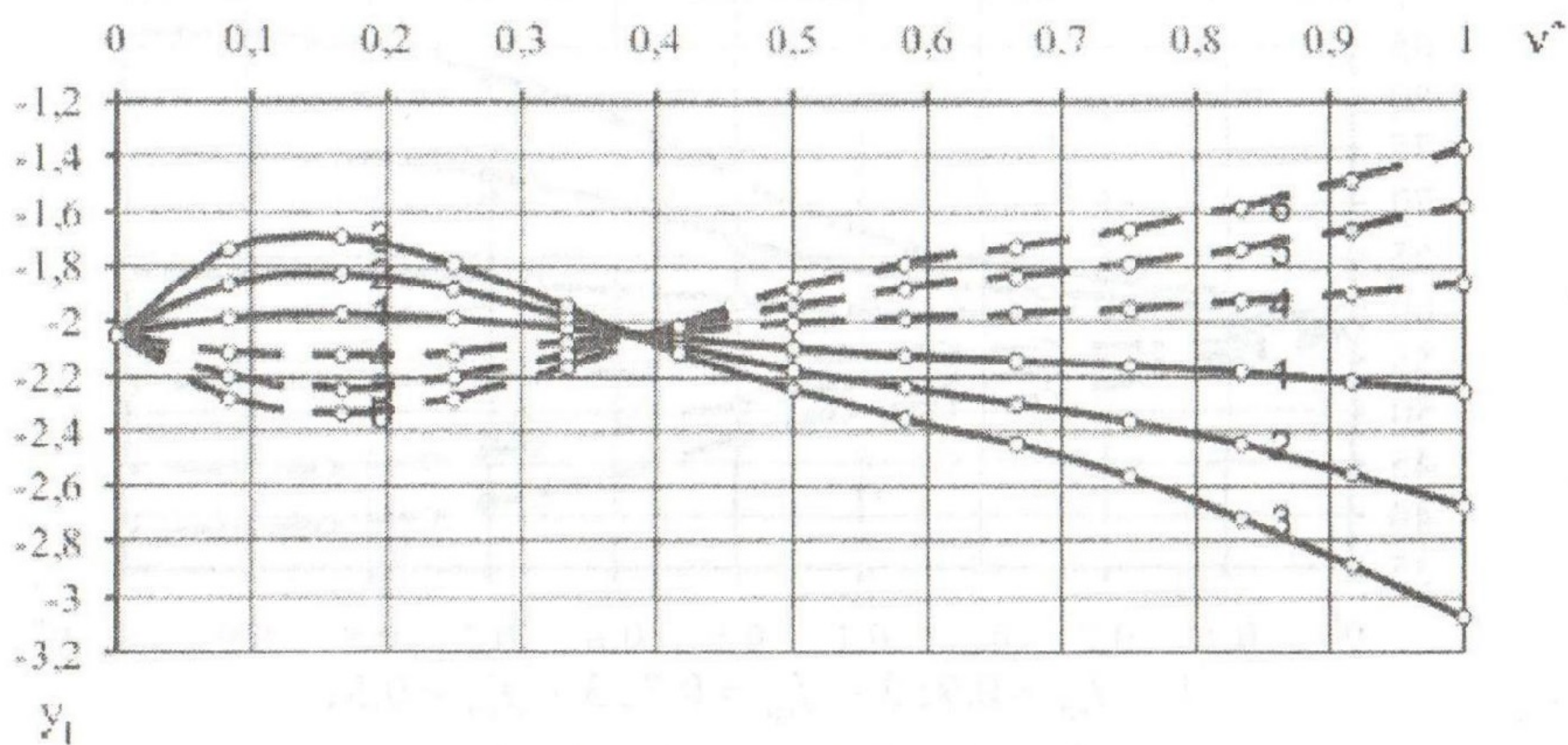
Рис. 6 Изменение прогиба в среднем пролете

При неблагоприятном воздействии прогибы в первом пролете по мере продвижения фронта воздействия возрастают. Однако, наблюдается зона при стабилизации роста перемещений при изменении ν_{inf}^* от 0,1 до 0,3~0,4.

Во втором пролете прогибы резко возрастают и достигают максимальных значений при $\nu_{inf}^* = 0,15$ и $\nu_{inf}^* \approx 0,5$. Величина прогиба при 10-ти процентном уменьшении жесткости возрастает на 36 ÷ 40%. Затем прогибы уменьшаются до значения, соответствующего измененной жесткости по всей длине пролетов.

При благоприятном воздействии прогибы уменьшаются и даже меняют знак, достигая минимальных значений при $\nu_{inf}^* \approx 0,2$ и $\nu_{inf}^* \approx 0,5$.

Если пролеты разные, например $l_1 = 2l_2$, прогибы в первом пролете изменяются также как и при равных пролетах. Но в среднем пролете сперва уменьшаются, достигают минимума при $\nu_{inf}^* \approx 0,15$, а затем увеличиваются (Рис. 7, 8). При $\nu_{inf}^* \approx 0,36 \div 0,38$ прогибы достигают первоначальных значений, когда изменения жесткости еще не произошло. При дальнейшем увеличении ν_{inf}^* прогибы увеличиваются и при $\nu_{inf}^* = 1$ достигают конечных значений.



$$1 - f_{inf} = 0,9; 2 - f_{inf} = 0,7; 3 - f_{inf} = 0,5;$$

$$4 - f_{inf} = 1,1; 5 - f_{inf} = 1,3; 6 - f_{inf} = 1,5.$$

Рис. 7 Изменение прогиба в крайнем пролете

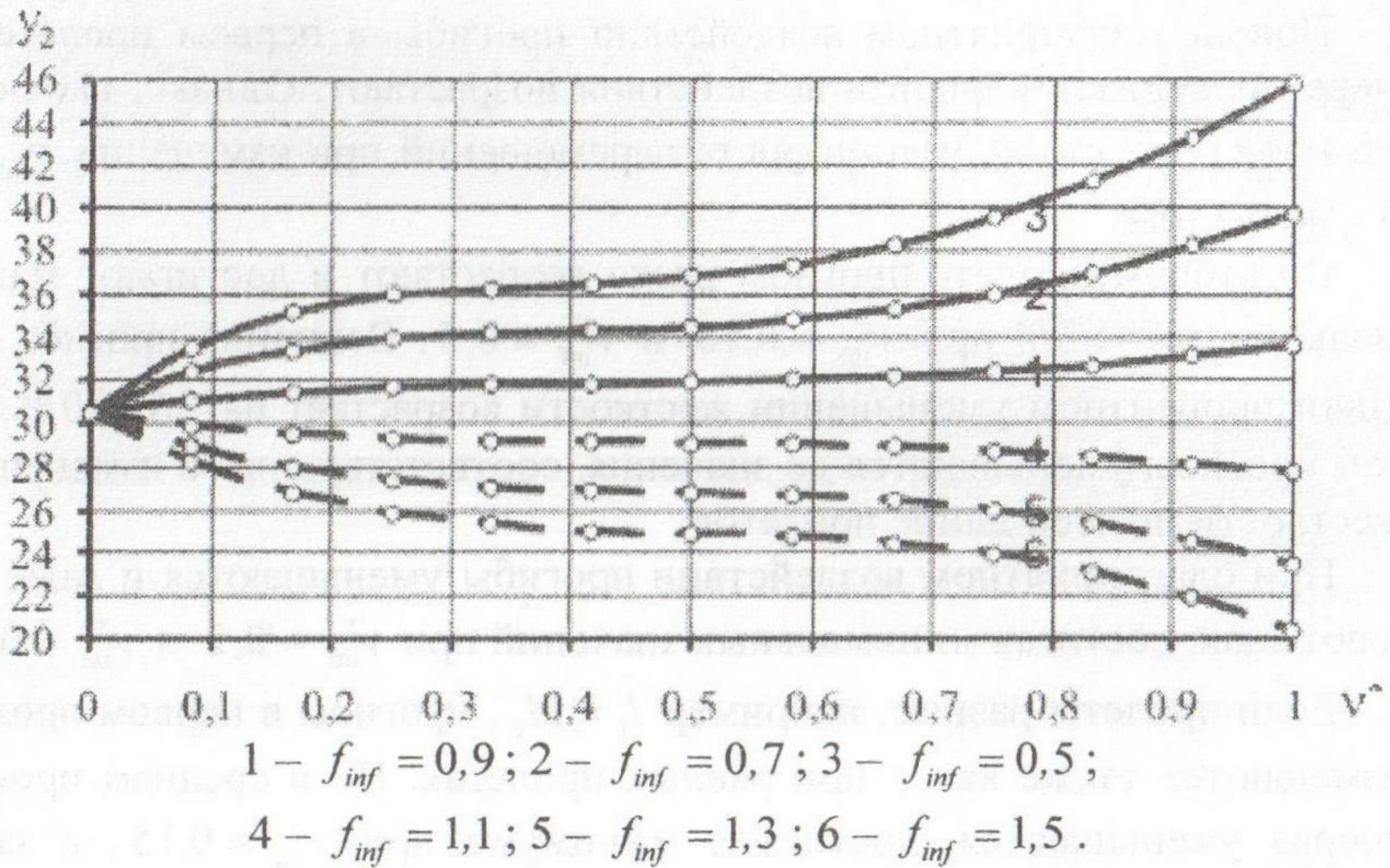


Рис. 8 Изменение прогиба в среднем пролете

На рис. 9, 10 показаны графики перемещений для балки у которой $l_1 = 0,5l_2$.

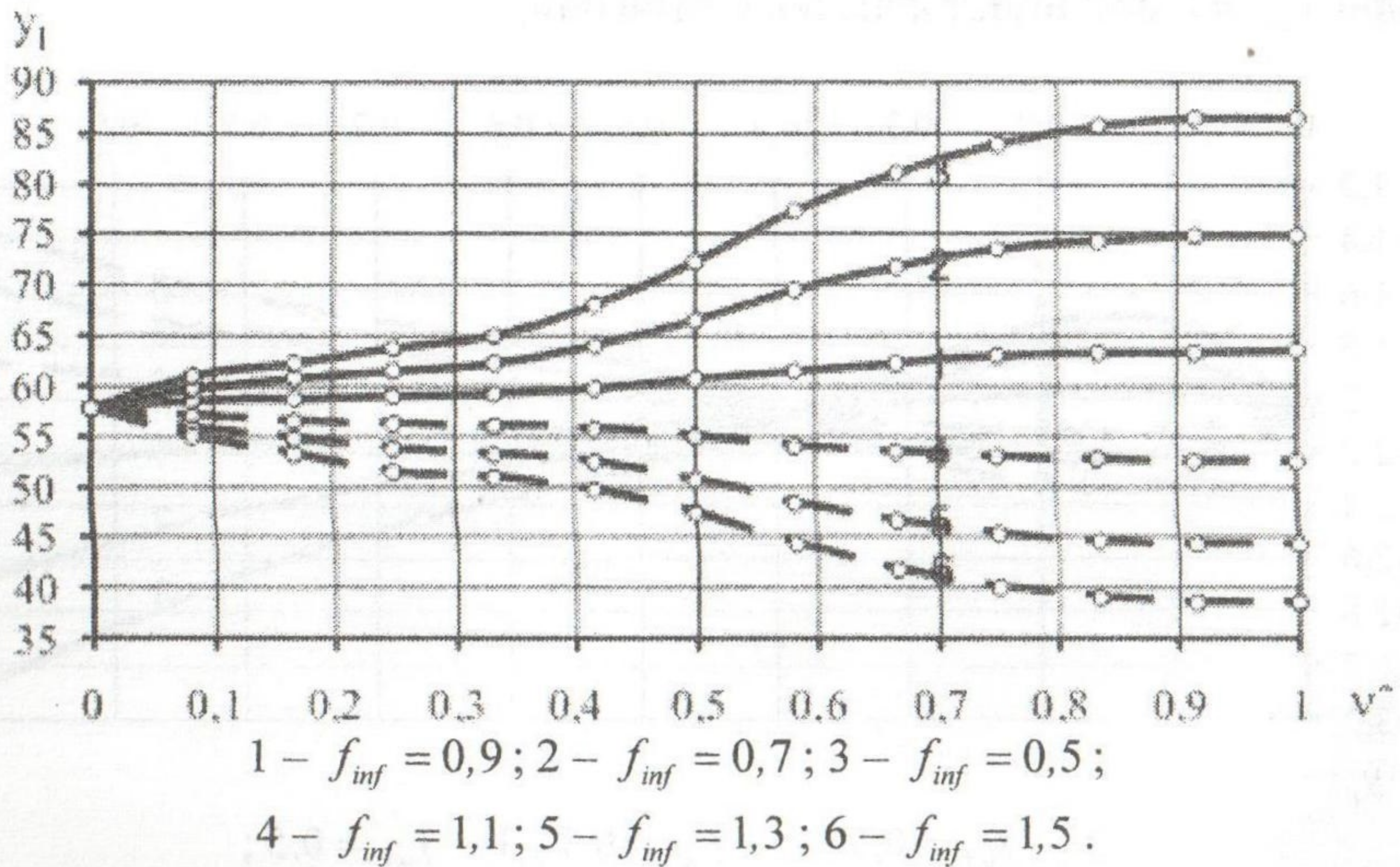
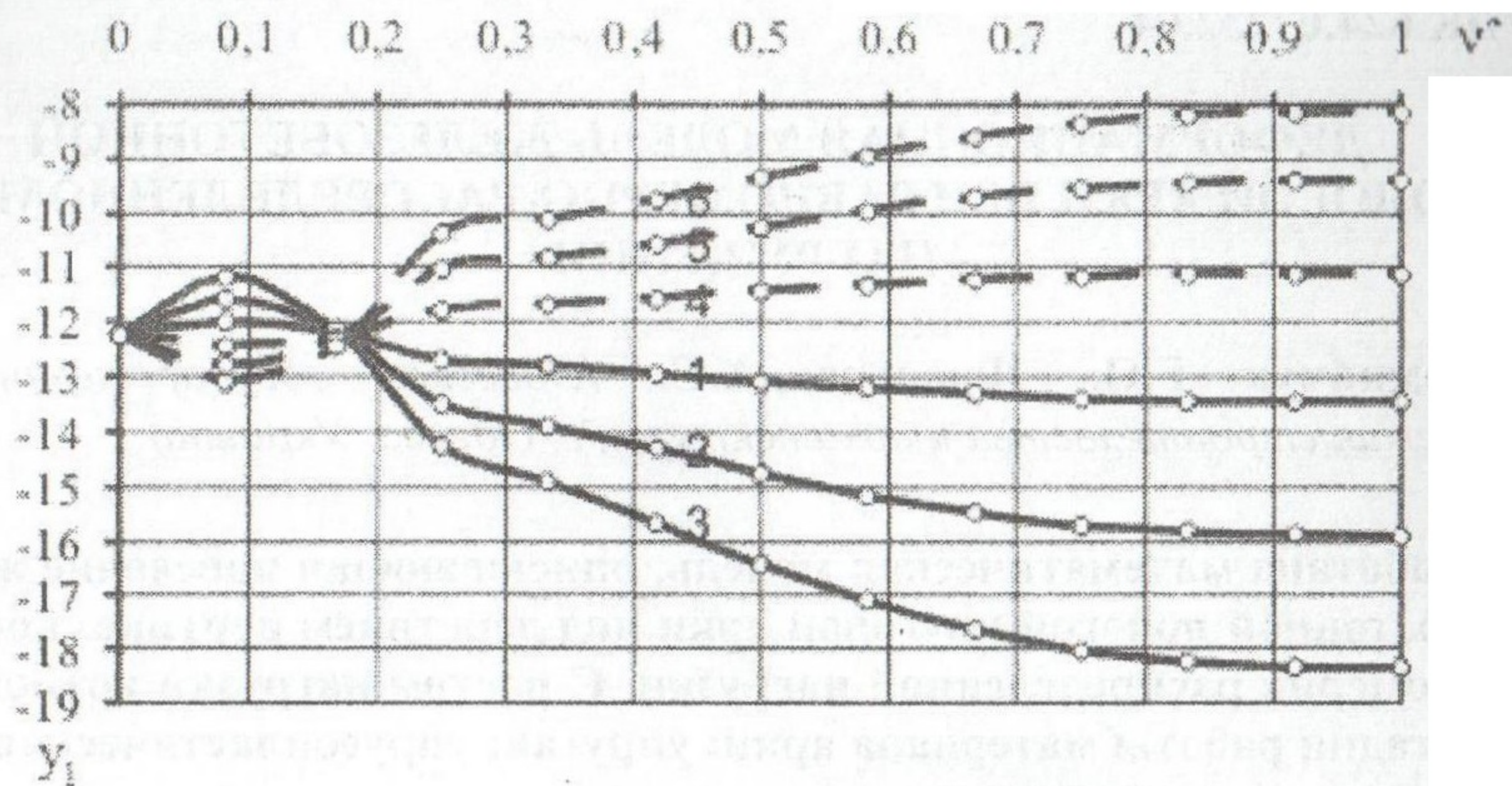


Рис. 9 Изменение прогиба в крайнем пролете



$$1 - f_{inf} = 0,9; 2 - f_{inf} = 0,7; 3 - f_{inf} = 0,5;$$

$$4 - f_{inf} = 1,1; 5 - f_{inf} = 1,3; 6 - f_{inf} = 1,5.$$

Рис. 10 Изменение прогиба в среднем пролете

Характер изменения прогибов такой же, как для предыдущей балки, но изменилось их расположение в пролетах, значение v_{inf}^* , при котором появляется минимум и достижение прогибов первоначальных значений.

Вывод

При расчете неразрезных балок по 1-му и 2-му предельным состояниям необходимо учитывать наведенную неоднородность материала.

Литература

1. В.К. Иноземцев Модель наведенной неоднородности материала в задачах долговечности элементов тонкостенных конструкций. // Изв. вузов. Строительство и архитектура – 1990. - №9. – с. 30-33.

2. Кобринець В.М., Касьянова І.Б. Проблеми розрахунку конструкцій із спадковою неоднорідністю. // Матер. конф. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: УДАВГ – 1996. – 106с.