

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Бреднёв А.М., Мурашко А.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

В статье рассматривается прочность и деформативность бетона в зависимости от технологической поврежденности по результатам испытания призм на малоцикловое центральное сжатие

В реальных условиях эксплуатации на бетонные и железобетонные конструкции зданий и сооружений действуют нагрузки, которые могут за период эксплуатации достигнуть значений, близких к максимальным, от нескольких до сотен раз. Большинство конструкций подвержено малоцикловым загрузениям. Малоцикловыми загрузениями можно считать ветровые и снеговые максимальной интенсивности, сейсмические, волновые, аварийные и другие подобные нагрузки, причем они носят всегда случайный характер и заранее нельзя знать сколько раз за время эксплуатации конструкция будет подвергаться таким воздействиям.

Малоцикловое воздействие нагрузки вызывает изменение прочностных и деформативных свойств бетона. При этом в бетоне происходит сдвиг микрочастиц, перераспределение усилий внутри материала и в некоторых случаях прочность его повышается.[2]

В наших исследованиях прочностные и деформативные характеристики бетона при малоцикловых воздействиях рассматривались в зависимости от технологической поврежденности [3]. Технологические трещины – это составная часть структуры материалов, что во многом определяет как физико-технические свойства материала, так и конструкции из него. В свою очередь, поврежденность готового материала зависит от зарождения и развития технологических дефектов на различных уровнях структурных неоднородностей.

По результатам исследований установлена зависимость между количеством начальных дефектов, количеством циклов нагружения, а также прочностными и деформативными характеристиками материала. Эта связь не является количественно одинаковой, и зависит от структуры бетона.

Количественно оценить технологическую поврежденность можно

по коэффициентам поврежденности. В статье приводится анализ влияния коэффициента технологической поврежденности по площади 10x10см (в эксперименте также измерялись коэффициенты по линии длиной 10см, соответственно, в поперечном и продольном направлениях в силу их сходного влияния на деформативные и прочностные характеристики бетона их значения не приводятся).

Все призмы были изготовлены из бетона одного состава, но в несколько разных замесов. Различная степень их технологической поврежденности можно объяснить влиянием случайных технологических факторов, таких как незначительное отличие в массе исходных компонентов между замесами и время вибрирования образцов.

К моменту испытания все призмы имели одинаковый возраст. Деформации призм измерялись с помощью проволочных тензорезисторов с базой 50 мм, наклеенных на две противоположные грани призмы по осям в продольном и поперечном направлениях. Показания тензорезисторов в продольном направлении дублировались индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм и базой 200 мм, закрепленными на тех же двух гранях.

После обработки данных тензорезисторов и индикаторов были получены величины относительных деформаций призм на каждом цикле загрузки. Усредненные деформации сжатия призм определялись как среднее арифметическое между данными индикаторов и тензорезисторов, а деформации растяжения – как среднее арифметическое между двумя тензорезисторами. Нагружение производилось за 12 циклов до нагрузки $0.85 R_b$, после чего образцы доводились до разрушения.

По экспериментальным данным (R_b , E_b , ϵ_b , ϵ_{bt} , $k_{пл}$) было получено множество точек, по которым выполнен парный регрессионный анализ второго порядка в соответствии с [4,5]. В результате, которого получены квадратичные математические модели парной зависимости вида:

$$y = a + bx + cx^2 \quad (1)$$

Коэффициенты квадратичного уравнения a , b , c находили, решая систему трех нормальных уравнений с тремя неизвестными при помощи ЭВМ в табличной форме (табл. В.1.1 - В.1.9):

$$\begin{aligned} \sum y &= an + b\sum x + c\sum x^2 \\ \sum xy &= a\sum x + b\sum x^2 + c\sum x^3 \\ \sum x^2y &= a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4 \end{aligned} \quad (2)$$

Затем записывали и наносили на множество точек кривые зависимостей (рис. 2, 3, 4).

Для проверки значимости уравнений регрессии в целом с использованием F – критерия Фишера

$$F = \frac{S^2}{S_{inc}^2} > F_t(7, 6, 5\%) = 4.215 \quad (3)$$

На рис. 1 приведена зависимость прочности от технологической поврежденности. При росте $K_{пл}$ от 0.75 до 1.35 см^{-1} прочность призм уменьшается от 37.5 до 28 МПа. Образец с максимальной технологической поврежденностью 1.35 см^{-1} разрушился на 12 цикле. Максимальное отклонение экспериментальных значений от графика составляет 3.06%, адекватность квадратичного уравнения проверяем по критерию Фишера $F=4,84$;

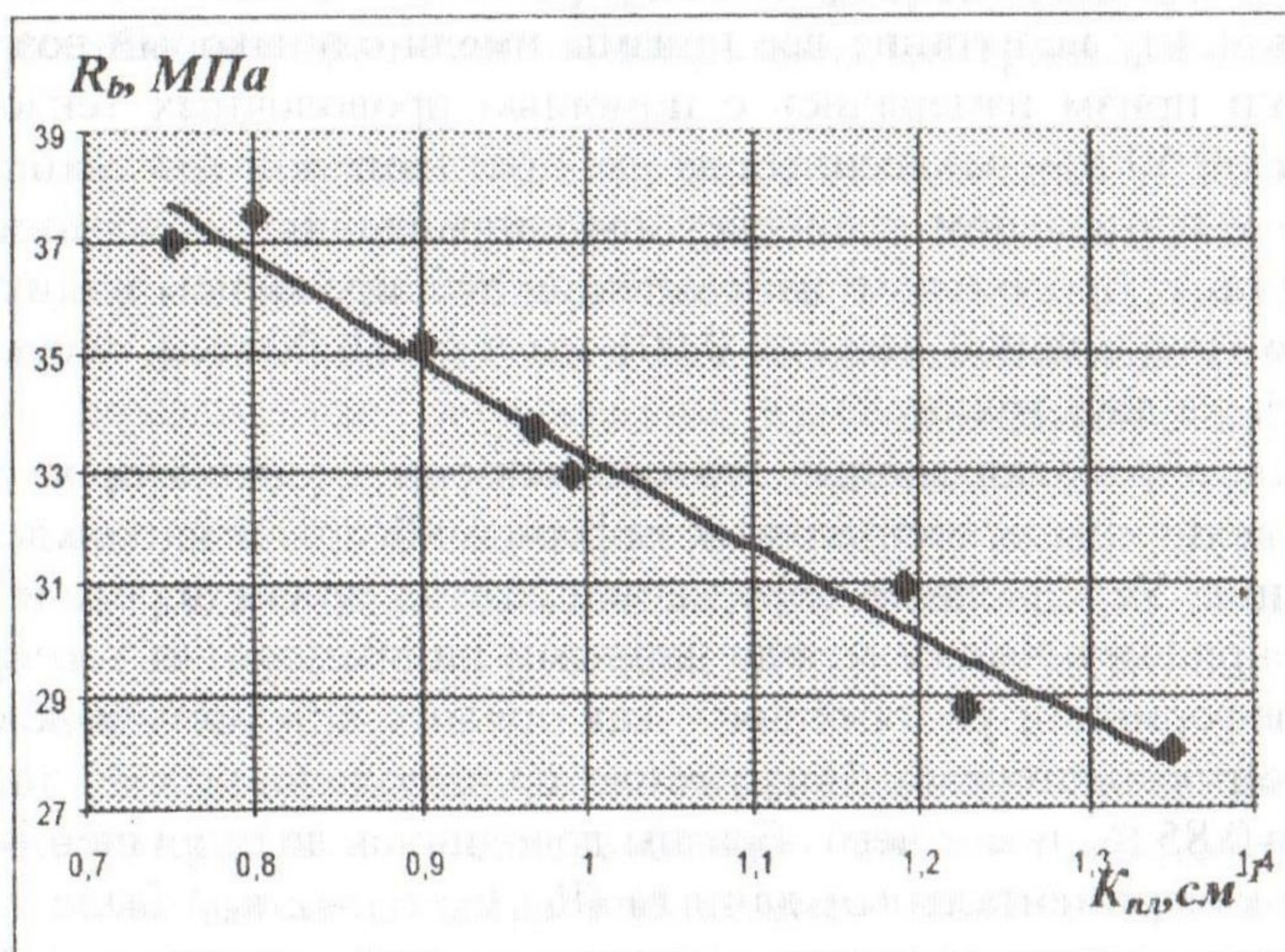


Рис. 1. Влияние $K_{пл}$ на прочность

Для более подробного изучения модуля деформаций, деформаций сжатия и растяжения в зависимости от их поврежденности были выбраны 4 уровня напряжений: I – при нагрузках $0,25\sigma_b$, II – $0,5\sigma_b$ и III – $0,75\sigma_b$, IV- σ_b , где $\sigma_b = 0.85R_b$. Для каждого из этих уровней были выбраны соответствующие деформации и модуль деформаций, которые на рис.4-5 представлены в зависимости от коэффициентов поврежденности.

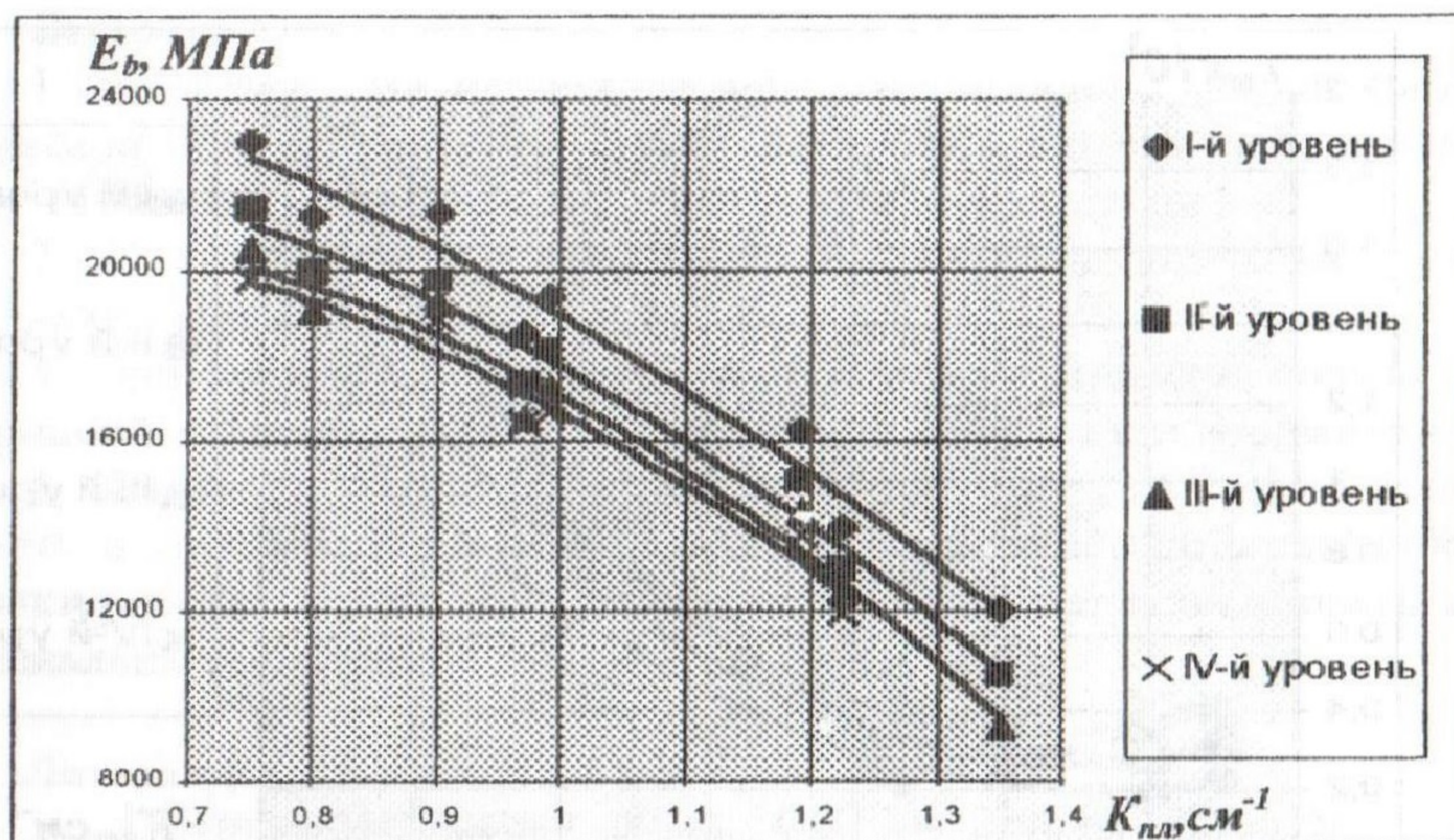


Рис. 2. Влияние $K_{пл}$ на модуль деформаций

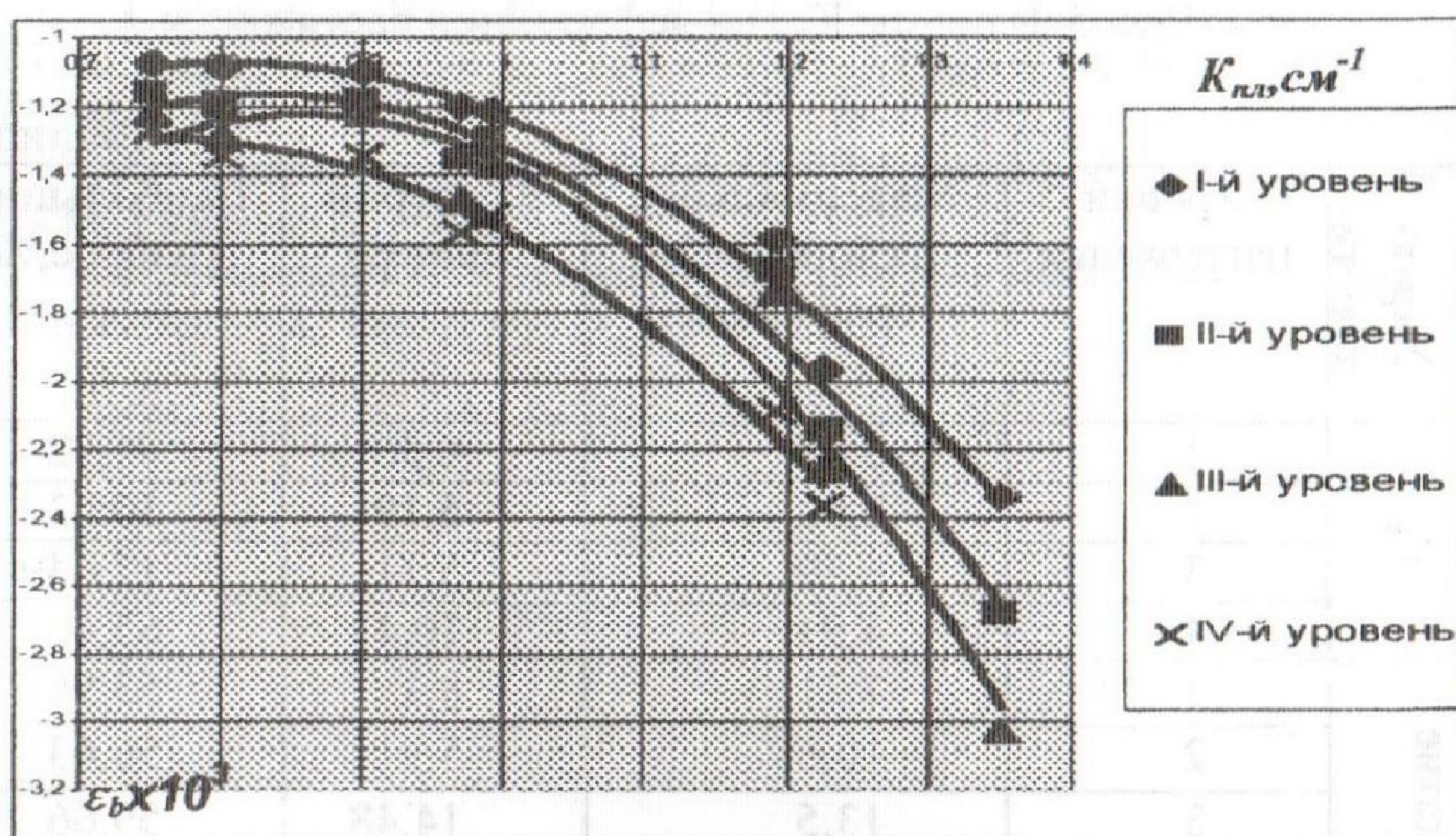


Рис. 3. Влияние $K_{пл}$ на деформации сжатия

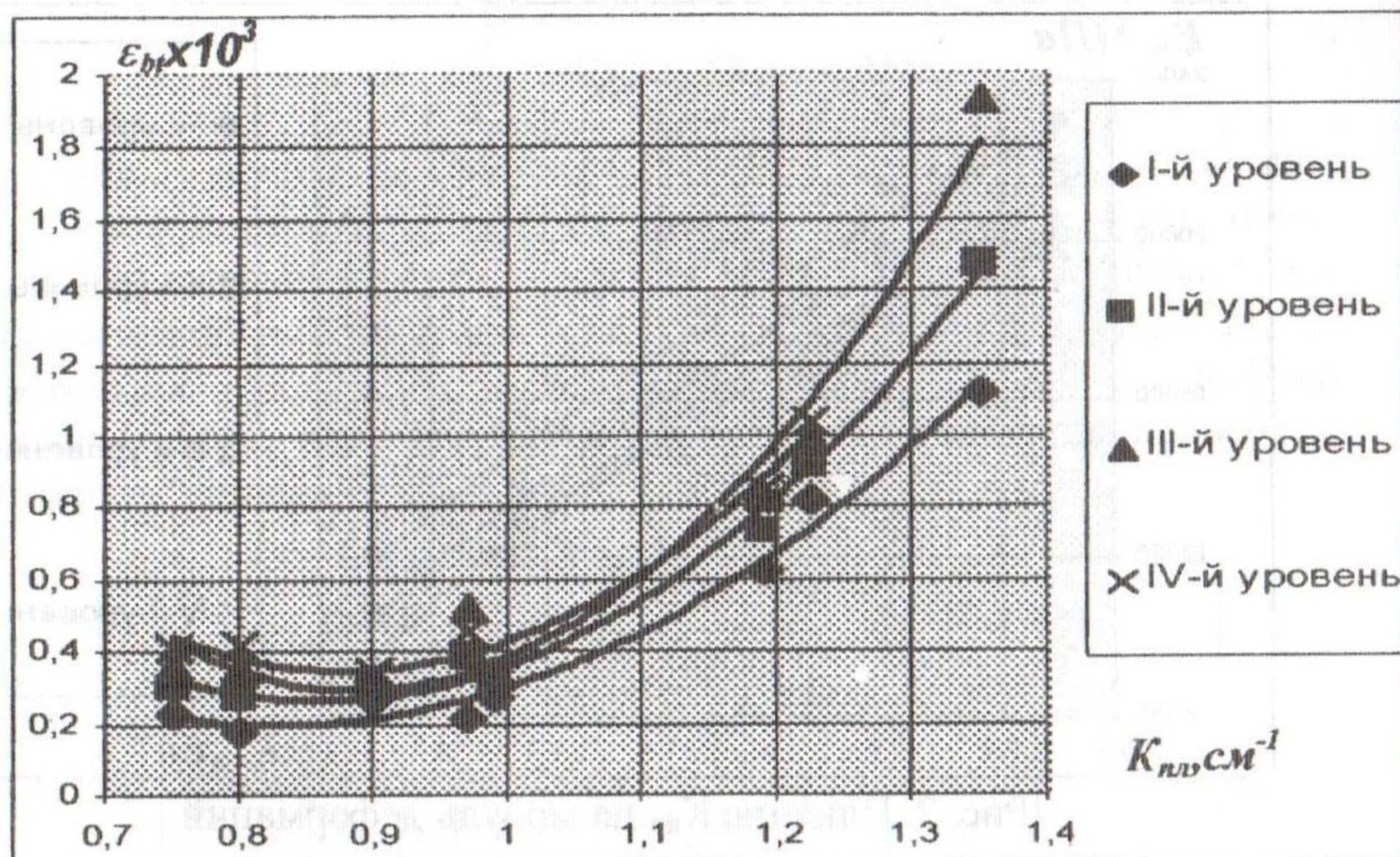


Рис. 5. Влияние $K_{пл}$ на деформации растяжения

Таблица 1

Характеристика	Уровни нагружения	Максимальное отклонение от графика, %	Критерий Фишера	Наибольший разброс, %
E_b	1	5,48	4,56	91,92
	2	6,02	5,19	105,3
	3	6,59	5,11	121,49
	4	4,91	10,43	65,46
Сжатие	1	7,21	8,1	53,96
	2	10,6	5,91	56,63
	3	13,5	14,48	59,66
	4	4,43	9,28	46,2
Растяжение	1	23	7,26	533,13
	2	20,9	9,42	428,97
	3	53,3	4,24	501,62
	4	14,4	5,99	205,77

В таблице 1 приведены значения основных характеристик функций аппроксимации модуля деформаций, деформаций растяжения и сжатия.

Выводы

1. Проведенными исследованиями установлено, что технологическая поврежденность влияет на прочностные и деформативные свойства бетона при малоцикловых воздействиях.

2. С увеличением технологической поврежденности на 44,4% прочность уменьшается на 33,93%.

3. При увеличении технологической поврежденности модуль деформаций, а также деформации растяжения и сжатия увеличиваются.

4. Изменение технологической поврежденности позволяет варьировать в довольно широких пределах прочностные и деформативные характеристики бетона, что позволяет более полно использовать потенциальные свойства бетона.

Литература

1. Бетоны. Методы испытаний. ГОСТ 24452-80. - М., 1980. - 15с.
2. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. - М., Госстройиздат, 1961. - 96с.
3. Дорофеев В.С., Выровой В.Н., Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. - Одесса: ИМК «Город мастеров», 1998. - 165с.
4. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. - М.: Наука, 1970. - 104с.
5. Львовский Л.Е. Статистическое построение эмпирических формул: Учеб. пособие. - М.: Высш. школа, 1982. - 224с.