

УДК 624.012

*МИТАСОВ ВАЛЕРИЙ МИХАЙЛОВИЧ, докт. техн. наук., профессор,
mitassovv@mail.ru*

ЛОГУНОВА МАРИЯ АЛЕКСАНДРОВНА, канд. техн. наук,

m-nblack@yandex.ru

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет,*

630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113

КОНСТРУКЦИИ С ЗАРАНЕЕ ОРГАНИЗОВАННЫМИ ТРЕЩИНАМИ

Исследования деформирования бетонных и железобетонных конструкций (плит и балок), при действии кратковременных и длительных нагрузок, с трещинами, организованными в процессе изготовления, выявили новое направление развития железобетона. Заранее организованные трещины качественно меняют характер деформирования конструкций. В изгибаемых элементах до двух и более раз уменьшаются прогибы, увеличивается время сопротивления действию длительной нагрузки.

Ключевые слова: энергетическая теория; трещиностойкость; жесткость; деформации; заранее организованные трещины.

VALERII M. MITASOV, DSc, Professor,

mitassovv@mail.ru

MARIYA A. LOGUNOVA, PhD,

m-nblack@yandex.ru

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering,

113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia

STRUCTURES WITH PREFORMED CRACKS

The paper is dealt with the study of deformations of precracked concrete and reinforced concrete structures such as slabs and beams, induced by short- and long-term loads. A study of precracked structures allows creating new trends in concrete development. Precracking modifies the structural behavior, namely: beam deflections decrease twice or higher, the period of the load resistance increases.

Keywords: energy theory; crack resistance; rigidity; deformation; preformed cracks.

Известно, что в статически неопределимых железобетонных конструкциях арматура является регулятором напряженно-деформированного состояния.

Ниже покажем, что вторым регулятором служат заранее организованные трещины.

При образовании силовых трещин в железобетоне происходит качественное изменение его состояния.

Внезапный характер появления стохастической трещины сопровождается мгновенным изменением напряженного состояния сечения, которое носит динамический характер. Трещина в первые секунды растет с большой скоростью, катастрофически влияя на целостность конструкции – она пытается

разорвать конструкцию. Затем под действием упругих сил в арматуре трещина частично закрывается, ее высота уменьшается, колебания затухают. Однако это не приводит к изменению характера напряженного состояния, напряжения уменьшаются, но вершина трещины остается на месте (даже после частичного закрытия трещины целостность сечений не восстанавливается).

На рис. 1 продемонстрирована схема изменения напряжений в арматуре с учетом динамического характера образования стохастических трещин [2, 3].

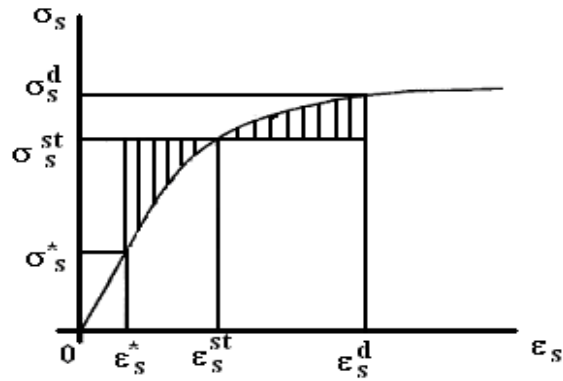


Рис. 1. Условная схема определения максимальных напряжений в арматуре в момент образования стохастических трещин

Записано уравнение энергетического баланса после перехода из состояния сплошного сечения к сечению с трещиной, из которого виден характер продвижения трещины в связи с динамикой самого процесса [1]:

$$W_{bt} + W_b + \delta A_k = W_{bt}^d + W_b^d + \Delta W_s^d + \Delta W_T, \quad (1)$$

где $\delta A_k = b \int_0^L P(z) \delta u(z) dz$, δA_k — дополнительная работа внешней нагрузки на перемещении конструкции, вызванном мгновенно образовавшейся трещиной.

Выдвинут ряд новых гипотез о регулировании (управлении) напряженно-деформированным состоянием конструкций, связанных с местом положения и количеством заранее организованных трещин, установленных в момент изготовления. Такая трещина будет раскрываться постепенно, что позволит исключить или значительно снизить динамический эффект, ведущий к быстрому разрушению конструкции.

Для проверки выдвинутых гипотез были проведены сравнительные модельные эксперименты с бетонными и железобетонными балками и плитами [4, 5]. Сравнивали результаты деформирования идентичных конструкций, изготовленных по обычной технологии, и с заранее организованными трещинами.

Для испытания бетонных балок изготовили четыре серии образцов длиной 1200 мм, сечением 70×140 мм, шарнирно опертых по двум концам. Нагрузку прикладывали в виде сосредоточенной силы по центру балки. В качестве заранее организованных трещин использовали тонкий лист фольги.

В первой серии испытали обычные бетонные балки, во второй серии – бетонные балки с одной заранее организованной трещиной высотой 1/4 сечения, в третьей – балки с тремя организованными трещинами высотой 1/10 сечения и в четвертой – балки с тремя организованными трещинами высотой 1/4 сечения.

При сравнительном анализе результатов испытаний бетонных балок получены принципиально различные графики деформаций и перемещений. Если в обычных бетонных балках (рис. 2, а) четко просматриваются зоны линейного деформирования, микротрещинообразования, уплотнения и разуплотнения бетона [6, 7], то в балках с заранее организованными трещинами четких границ не прослеживается. Обычные балки при эксплуатационных нагрузках показали прогиб, в два и более раз превышающий прогиб балок с заранее организованными трещинами. Наименьшие перемещения были зафиксированы в балках с тремя заранее организованными трещинами высотой 1/4 сечения.

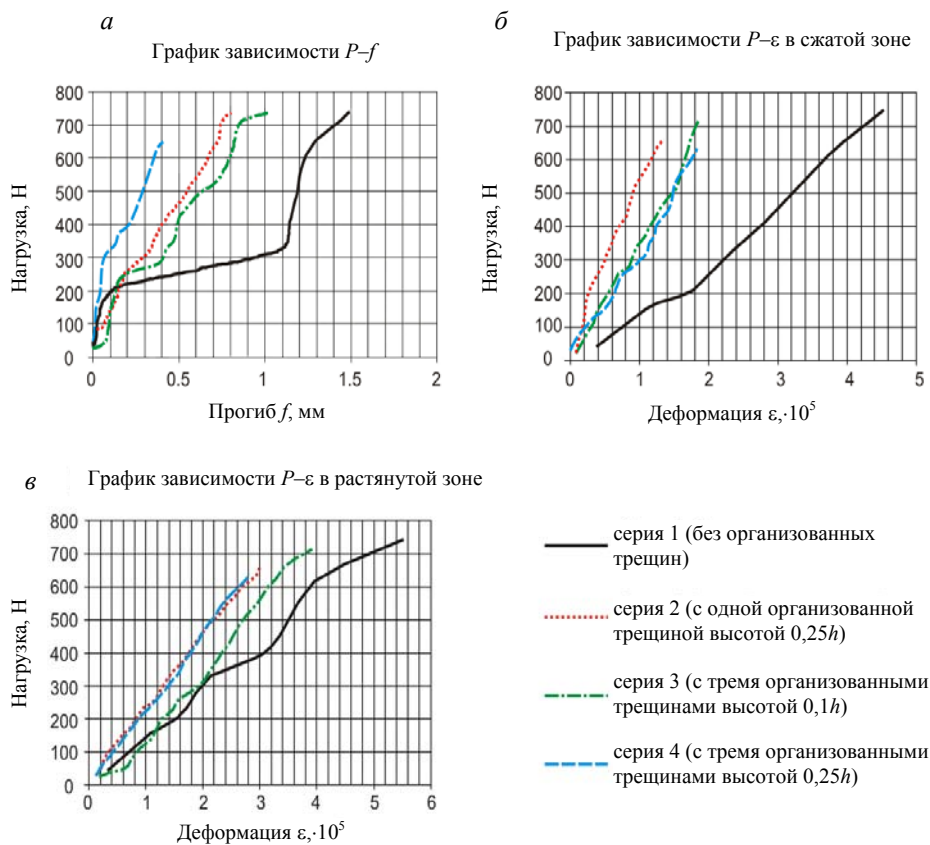


Рис. 2. Деформирование бетонных балок с заранее организованными трещинами и без них:
 а – графики зависимости «нагрузка – прогиб»; б – то же «нагрузка – деформации в сжатой зоне»; в – то же «нагрузка – деформации в растянутой зоне»

Таким образом, впервые получен эффект от применения заранее организованных трещин, качественно меняющий картину деформирования бетонных балок. Это подтверждается и сравнением графиков деформаций сжатой и растянутой зон (рис. 2, б, в), где в балках с заранее организованными трещинами наблюдаются меньшие деформации, чем в обычных балках.

Был проведен эксперимент с железобетонными балками. Испытывали четыре серии образцов: в первой серии – обычные железобетонные балки (процент армирования 0,5), во второй серии – балки с одной организованной трещиной (процент армирования 0,5), в третьей серии – с тремя организованными трещинами (процент армирования 0,5) и в четвертой серии – железобетонные балки без заранее организованных трещин с процентом армирования, равным 3.

Результаты эксперимента свидетельствуют, что постановка заранее организованных трещин влияет на деформирование конструкций адекватно существенному увеличению процента армирования (рис. 3).

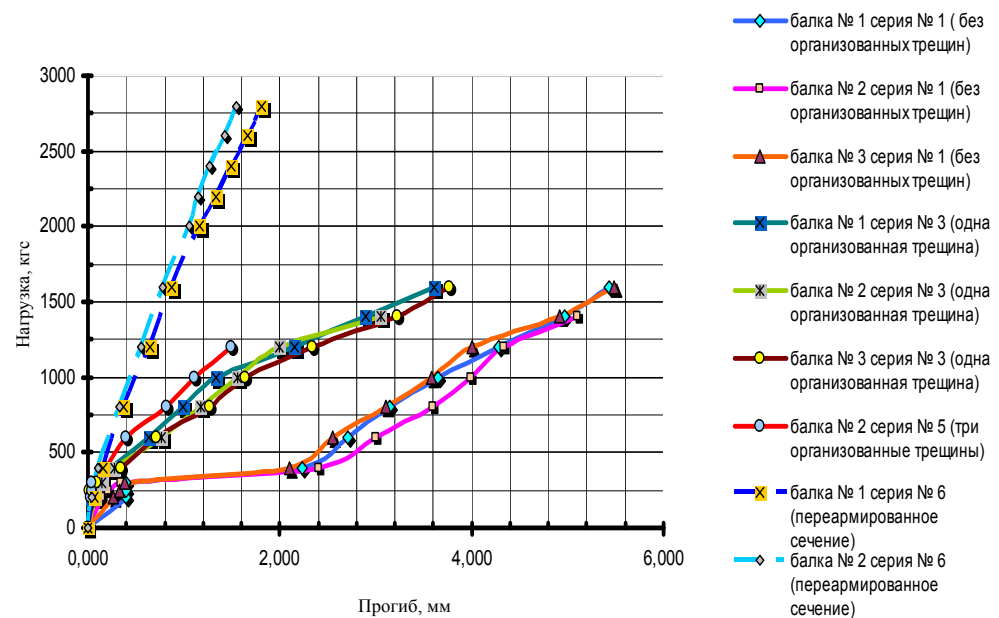


Рис. 3. Деформирование железобетонных балок с заранее организованными трещинами и без них

Наименьшие прогибы при эксплуатационной нагрузке показали балки с наибольшим процентом армирования (3). Самые большие прогибы были зафиксированы у обычных железобетонных балок (процент армирования 0,5). Балки с заранее организованными трещинами имели величину прогибов, промежуточную между величинами, зафиксированными для обычных балок и балок с высоким процентом армирования. Таким образом, за счет введения заранее организованных трещин удалось снизить деформативность железобе-

тонных балок без увеличения процента армирования и предварительного напряжения.

Выполнен пробный физический эксперимент с безбалочными плитами перекрытия на модели масштабом 1:6. В двух ячейках плиты перекрытия отсутствовали заранее организованные трещины, в двух других были выполнены трещины сверху и снизу по двум различным схемам, представленным на рис. 4.

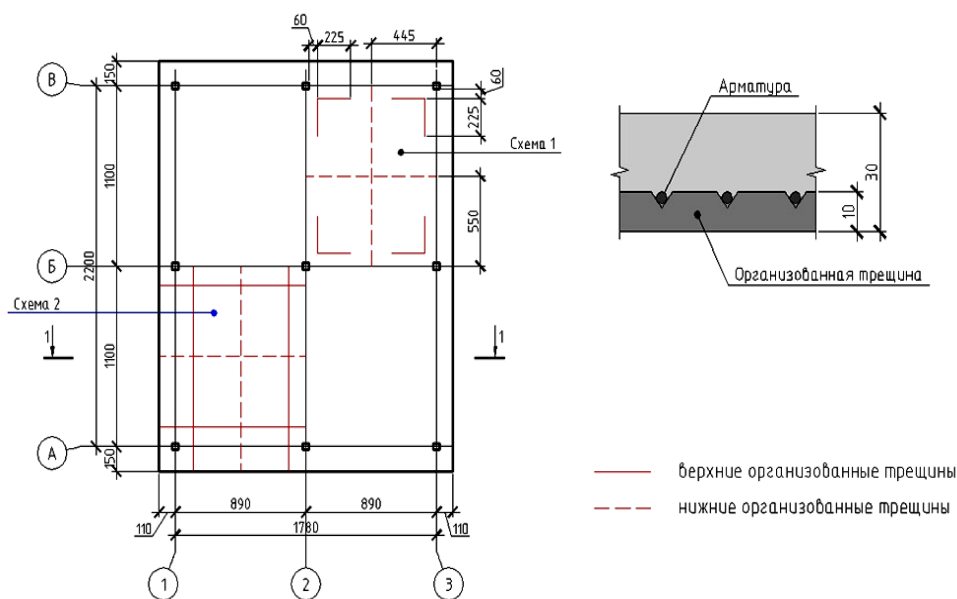


Рис. 4. Схемы расположения заранее организованных трещин в перекрытии

Проведенный эксперимент показал, что в плитах, где присутствовали заранее организованные трещины, независимо от схемы их расположения, прогибы меньше, чем в плитах, где трещины образовывались стохастически.

Все вышеописанные испытания были проведены на действие кратковременной нагрузки.

Отдельно был поставлен эксперимент с железобетонными балками, испытанными на действие длительной нагрузки. Сравнивали деформирование обычных железобетонных балок и балок с заранее организованными трещинами. Уже после приложения нагрузки у обычных балок был зафиксирован прогиб, на 25 % превышающий прогиб балок, в которых были установлены организованные трещины (рис. 5). С течением времени в обычных балках прогиб увеличился еще на 15 %, в балках с заранее организованными трещинами – на 7 %. По длительности сопротивления нагрузке: разрушение балок, трещины в которых образовывались стохастически, произошло на три часа раньше, чем балок, в которых трещины были установлены заранее.

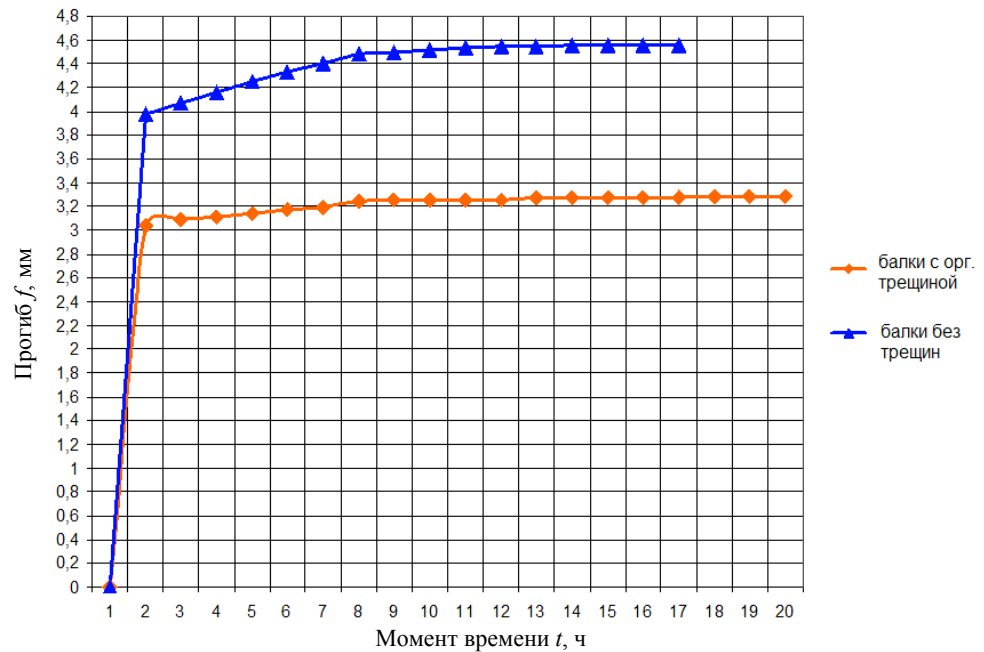


Рис. 5. Прогиб балок при длительном нагружении

Выводы

1. В качестве регулятора напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций могут быть использованы заранее организованные трещины.
2. Заранее организованные трещины позволили уменьшить прогибы в железобетонных элементах без дополнительного увеличения процента армирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митасов, В.М. Основные положения теории сопротивления железобетона (энергетический вариант) / В.М. Митасов. – Новосибирск : Изд-во НГАСУ (Сибстрин), 2010. – 168 с.
2. Митасов, В.М. Работа внутренних сил железобетонных балок в зоне чистого изгиба / В.М. Митасов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1987. – № 4. – С. 5–7.
3. Mitasov, V.M. New calculation techniques for reinforced concrete/ V.M. Mitasov, V.V. Adischev // Application of codes, design and regulations. – Dandy. – 2005. – P. 655–663.
4. Логунова, М.А. Экспериментальные исследования бетонных балок без организованных трещин и с заранее организованными трещинами / М.А. Логунова, А.С. Пешков // Изв. вузов. Строительство. – 2011. – № 1. – С. 116–120.
5. Митасов, В.М. Железобетонные балки с организованными трещинами под воздействием длительной нагрузки / М.А. Логунова, М.В. Шатохина // Изв. вузов. Строительство. – 2013. – № 10. – С. 5–10.
6. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. – М. : Стройиздат, 1981. – 464 с.
7. Slate, F.O. X-Rays for Study of Internal Structure and Microcracking of Concrete / F.O. Slate, S. Olsefski // Journal of the American Concrete Institute. – 1963. – № 60(31). – P. 575–588.

REFERENCES

1. *Mitasov V.M.* Osnovnye polozheniya teorii soprotivleniya zhelezobetona (energeticheskii variant) [Fundamentals of reinforced concrete resistance theory (energy version)]. Novosibirsk : NGASU (SIBSTRIN) Publ., 2010. 168 p. (rus)
2. *Mitasov V.M.* Rabota vnutrennikh sil zhelezobetonnykh balok v zone chistogo izgiba [Internal forces of reinforced concrete beams in pure bending zone]. *News of Higher Educational Institutions. Construction and Architecture*. 1987. No. 4. Pp. 5–7. (rus)
3. *Mitasov V.M., Adishev V.V.* New calculation techniques for reinforced concrete. Application of codes, design and regulations. Dandy. 2005. Pp. 655–663.
4. *Logunova M.A., Peshkov A.S.* Eksperimental'nye issledovaniya betonnykh balok bez organizovannykh treshchin i s zaranee organizovannymi treshchinami [Experimental research of concrete beams with and without preformed cracks]. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2011. No. 1. Pp. 116–120. (rus)
5. *Mitasov V.M., Logunova M.A., Shatkhina M.V.* Zhelezobetonnye balki s organizovannymi treshchinami pod vozdeistviem dlitel'noi nagruzki [Reinforced concrete beams with cracks formed under a long-term load]. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2013. No. 9. Pp. 5–10. (rus)
6. *Akhverdov I.N.* Osnovy fiziki betona [Basic physics of concrete]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1981. 464 p. (rus)
7. *Slate F.O., Olsefski S.* X-Rays for study of internal structure and microcracking of concrete. *J. American Concrete Institute*. 1963. No. 60(31). Pp. 575–588.