

## НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕН

А.П. Свинцов, О.В. Панин

Российский университет дружбы народов  
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

Представлены результаты исследования эксплуатационной надежности системы технологического процесса возведения монолитных железобетонных стен в инвентарной разборной крупнощитовой опалубке. Установлено, что основным фактором снижения безотказности технологической оснастки является небрежное отношение производственного персонала.

**Ключевые слова:** надежность, безотказность, опалубка, арматура.

Возведение зданий из монолитного железобетона получает все большее распространение в России по сравнению с полносборным домостроением. Однако при разработке ППР и в процессе производства строительных работ недостаточно используются существующие методы теории надежности технологических систем. Это связано в первую очередь со спецификой строительных технологических систем и их отличием от инженерных систем, для которых создавалась теория надежности. Кроме того, несовершенство системы сбора и обработки информации по отказам и восстановлению технологической оснастки, отказам технологических операций и элементов, отсутствие единого терминологического стандарта по надежности строительных технологических систем затрудняют динамичное развитие строительства из монолитного железобетона.

В Российском университете дружбы народов проводятся работы по оценке надежности строительных технологических систем различного уровня. Для этого разработана методика сбора и первичной обработки данных об отказах и восстановлениях средств технологического оснащения, нарушениях технологических регламентов, приводящих к снижению качества строительных конструкций, увеличению материальных и стоимостных затрат.

С учетом [1] строительная технологическая система представляет собой совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в заданных условиях производства регламентированных технологических операций.

Одним из важнейших строительных процессов является возведение монолитных железобетонных стен. Под надежностью строительной технологической системы возведения монолитных железобетонных стен с использованием инвентарной разборной крупнощитовой опалубки предлагается понимать свойство этой системы выполнять в заданных условиях регламентированные технологические процессы или операции по изготовлению железобетонных стен с показателями качества, производительности, материальных и стоимостных затрат, соответствующие требованиям нормативно-технической, проектно-конструкторской и технологической документации.

В практике монолитного домостроения наиболее широкое распространение получила комбинированная технологическая система процесса, структура которой включает последовательно и параллельно объединенные системы технологических операций. Комплексный технологический процесс возведения монолитных железобетонных стен состоит из взаимосвязанных и последовательно выполняемых простых технологических операций, которые условно можно подразделить на основные и вспомогательные. Оба типа технологических операций необходимы, но последовательность выполнения и их участие в обеспечении надежности не одинаковы. Основные технологические операции возведения монолитных железобетонных стен имеют жесткую последовательность выполнения. Вспомогательные технологические операции могут быть выполнены с опережением, отставанием или параллельно основным в зависимости от назначения. Разное участие в обеспечении надежности технологической системы заключается в том, что при отказе основной технологической операции или технологического оснащения происходит отказ по всем существенным признакам (качество изделия, производительность, затраты материальных и финансовых ресурсов). Отказ второстепенной операции приводит к снижению показателей надежности только по одному или нескольким признакам.

К основным технологическим операциям относятся:

- установка арматурных каркасов;
- монтаж опалубки;
- укладка и уплотнение бетонной смеси;
- выдерживание и уход за бетоном;
- демонтаж опалубки.

К вспомогательным процессам относятся:

- подготовка арматуры (очистка от загрязнений, правка, раскладка и т.п.);
- установка системы термообработки бетона (при необходимости);
- ремонт опалубки и антиадгезионное покрытие ее палубы;
- зачистка неровностей и устранение дефектов на возведенной железобетонной конструкции.

Для исследования показателей надежности технологической системы возведения монолитных железобетонных стен принят план [NRS] [2]. Отказавшие во время реализации технологического процесса объекты заменяли новыми. По суммарному значению наработки решение о прекращении исследования принималось одновременно с решением о приемке или браковке изготовленных конструкций. Применение плана [NRS] обусловлено тем, что в данной технологической системе не все элементы ремонтпригодны. Например, система электрического подогрева с расположением греющего проводника на арматурном каркасе отказывает при обрыве проводника в процессе укладки и уплотнения бетонной смеси. В то же время элементы опалубки ремонтпригодны. В связи с тем, что монтажный кран принимает участие в реализации нескольких технологических процессов, его работа в анализируемом технологическом процессе не учитывалась.

К исследованию приняты разборные крупнощитовые опалубки с палубой двух типов: из водостойкой фанеры и из ламинированной фанеры. Нормативная

оборачиваемость опалубки с палубой из водостойкой фанеры составляет 60 циклов [3]. Фактическая оборачиваемость палубы колеблется от 3 до 15 циклов. При этом после 3—4 циклов для получения проектного качества поверхности стены требуются значительные материальные и трудовые затраты на отделочные работы. По данным предприятий-изготовителей, оборачиваемость опалубки с палубой из ламинированной фанеры может составлять от 120 до 250 циклов. Фактическая оборачиваемость на исследованных строительных объектах составляет 20—60 циклов. С увеличением числа оборотов палубы качество поверхности стен существенно снижается.

Перед началом наблюдений в соответствии с требованиями, изложенными в [4], определены критерии безотказности исследуемой технологической системы. К исследованию приняты показатели безотказности технологической системы по параметрам функционирования технологического оснащения, параметрам качества изготавливаемых конструкций и параметрам производительности. В настоящей статье представлены результаты исследования надежности технологической системы по параметрам функционирования технологического оснащения: опалубки, системы термообработки уложенной бетонной смеси, вибраторов и бадей. При сборе и анализе данных за исходные показатели приняты:  $t_{\text{оп}}$  — наработка опалубки (включая крепежные и опорные элементы),  $\text{цикл}^{-1}$ ;  $t_{\text{то}}$  — наработка системы термообработки,  $\text{дни}^{-1}$ ;  $t_{\text{осн}}$  — наработка оснащения для укладки и уплотнения бетонной смеси.

На основе натурных исследований установлены значения интенсивности отказов технологической системы на уровне операций и на уровне системы в целом. Величина интенсивностей отказов по операциям и элементам определена по формуле

$$\lambda_i = \frac{n_i(t + \Delta t) - n_i(t)}{N_i \Delta t}, \quad (1)$$

где  $n_i$  — число операций, в которых был отказ на отрезке времени от 0 до  $t$ ;  $N_i$  — число операций в рабочем состоянии к начальному моменту времени;  $t$  — время функционирования технологической системы;  $\Delta t$  — промежуток времени от 0 до  $t$ .

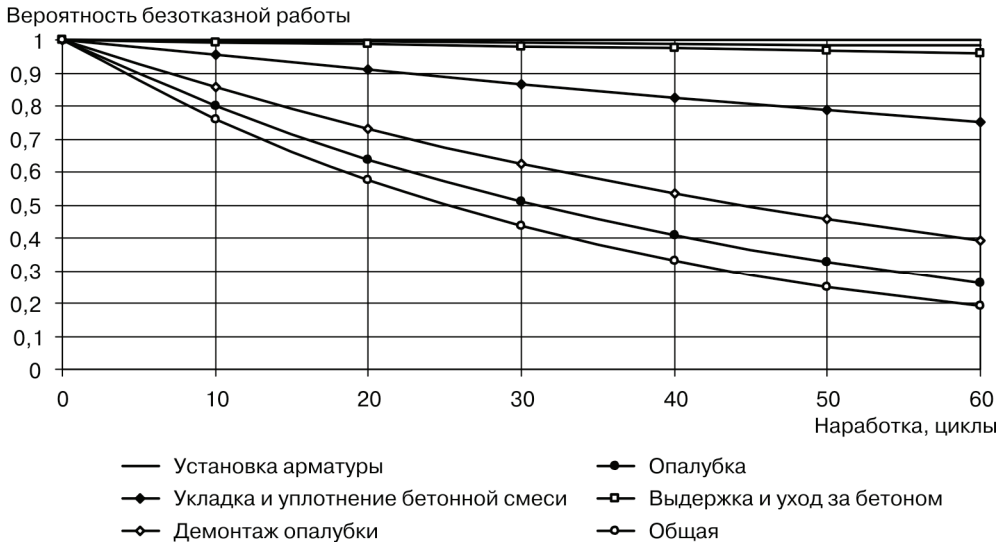
Интенсивность отказов системы технологического процесса в целом определена по формуле

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^N \lambda_i. \quad (2)$$

Вероятность безотказной работы технологических операций и системы технологического процесса в целом определена по формуле

$$P(t) = e^{-t\lambda_c}. \quad (3)$$

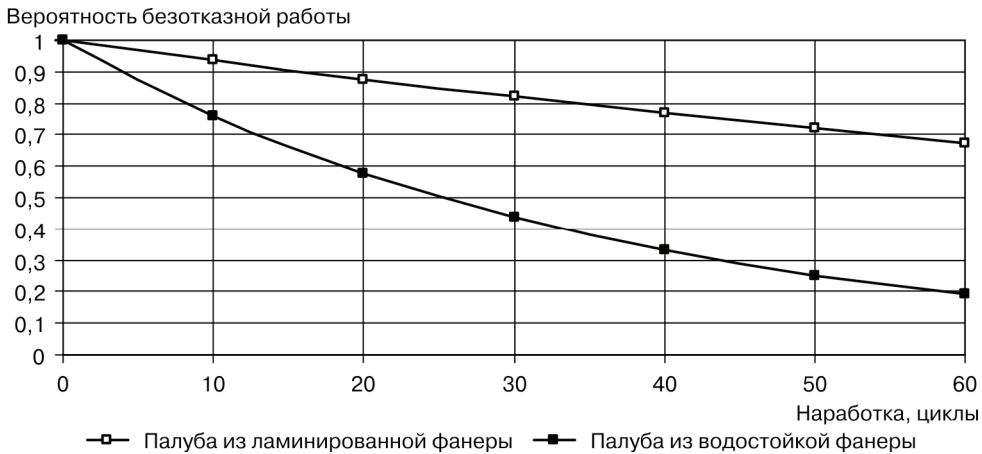
На рисунке 1 представлены диаграммы изменения вероятностей безотказной работы системы технологического процесса возведения монолитных железобетонных стен в крупнощитовой разборной опалубке с палубой из водостойкой фанеры.



**Рис. 1.** Вероятность безотказной работы крупнощитовой опалубки с палубой из водостойкой фанеры

Анализ диаграмм показывает, что наибольшую значимость в формировании надежности системы в целом имеет безотказность палубы.

На рисунке 2 представлены для сравнения диаграммы изменения вероятностей безотказной работы палубы из водостойкой и ламинированной фанеры. В процессе возведения стен и для той, и для другой опалубки применялась антиадгезионная смазка палубы.



**Рис. 2.** Вероятности безотказной работы опалубок с палубами из водостойкой и ламинированной фанеры

Рисунок 2 показывает существенную разницу показателя безотказности для исследованных двух типов палубы. Установлено, что на величину оборачиваемости опалубки оказывает существенное влияние так называемый человеческий фактор. Низкая технологическая дисциплина производственного персонала, небрежность при распалубке, очистке и складировании щитов опалубки, стяжных

и опорных элементов приводят к преждевременному их выходу из строя. Безусловно, в процессе производства работ происходит истирание и повреждение поверхности палубы, увлажнение фанеры (даже ламинированной — через царапины и задиры). Однако в большинстве случаев неисправности палубы связаны с небрежностью производственного персонала.

\*\*\*

В результате исследования надежности технологической системы строительного процесса возведения монолитных железобетонных стен в инвентарной разборной крупнощитовой опалубке разработана методика сбора и анализа данных, определены критерии отказов по техническим параметрам, по параметрам качества конструкций и по параметрам производительности системы.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] ГОСТ 27.004-85. Надежность в технике. Системы технологические. — М.: Изд-во стандартов, 1986.
- [2] ГОСТ 27.410-87. Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность. — М.: Госстандарт, 1989.
- [3] ГОСТ Р 52085-2003. Опалубка. Общие технические условия. — М.: Госстрой РФ, 2003.
- [4] ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. — М.: Госстрой РФ, 1992.

## **RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF THE MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE WALL CONSTRUCTION**

**A.P. Svintsov, O.V. Panin**

Peoples' Friendship University of Russia  
*Ordshonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419*

The results of research of operational reliability of the process of construction of monolithic reinforced concrete walls in the inventory folding large formwork are presented. It is established that the main factor in reducing the infallibility of industrial equipment is the careless attitude of the production staff.

**Key words:** reliability, infallibility, formwork, reinforcement.