

- проведення польових вимірювань, що дозволяють отримати записи поверхневих хвиль за допомогою спеціалізованого обладнання (рис. 4);
- знаходження з отриманих записів дисперсійних кривих (залежності фазової або групової швидкості від частоти);
- визначення розподілів швидкостей поперечних хвиль в середовищі, що мають дисперсійні криві, близькі до отриманих згідно вимірювань (відновлення розрізу).

До теперішнього часу було розроблено досить багато варіантів методу SASW, що розрізняються типом хвиль, які досліджуються (основна гармоніка хвиль Релея, вищі гармоніки), режимом проведення спостережень (активний, пасивний) і частотним діапазоном вимірювань.

Для побудови теоретичної кривої дисперсії використовуються різні методи. Відомо, що хвиля Релея має декілька форм розповсюдження (гармонік) з різними значеннями фазових швидкостей. Прогресивні методи інверсії враховують вплив вищих гармонік хвиль Релея [8]. В деяких випадках необхідно враховувати ефект об'ємних хвиль із застосуванням методів f-k спектрального аналізу.

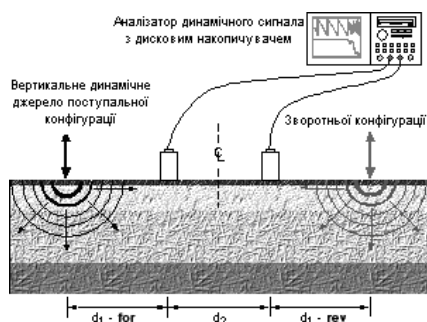


Рис. 4. Комплекс обладнання, що використовується для реєстрації параметрів поверхневих хвиль

Метод спектрального аналізу хвильових полів представляється найбільш перспективним методом неруйнівної діагностики, зважаючи на достатню інформативність параметрів дорожньої конструкції, що досліджуються і можливості аналізу напружено-деформованого стану конструкції під дією навантаження від транспортних засобів, що рухаються.

Аналіз методів визначення міцностних характеристик дорожньої конструкції дозволяє сформулювати основні вимоги до методів, які застосовуються в дорожньому господарстві. Це такі вимоги як:

- збереження цілісності конструкції та її окремих елементів при визначенні параметрів, які характеризують її міцність;
- моделювання реальних умов роботи конструкції при визначенні параметрів, які характеризують напружено-деформований стан дорожньої конструкції.

При лінійних обстеженнях перевага має віддаватися методам, які мають більшу продуктивність, враховуючи сформульовані вимоги, та меншу собівартість досліджень. При наукових дослідженнях необхідно залучати комплекс методів з метою підвищення достовірності та інформативності отриманих результатів.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Апестин В.К., Шак А.М., Яковлев Ю.М. Испытания и оценка прочности нежестких дорожных одежд. М.: Транспорт, 1977. – 102 с.
2. Лейвак В.А. Исследование параметров, характеризующих прочность нежестких дорожных одежд при их испытаниях динамической нагрузкой: Диссертация на соискание учёной степени канд. техн. наук: - М., 1975. – 156 с.
3. Углова Е.В. Реальные условия нагружения асфальтобетонных покрытий при динамическом воздействии транспортного потока. Київ. «Збірник наукових статей. Дороги і мости», № 4, 2006. – 200-211 с.
4. Лобов Д.В. Оценка состояния конструктивных слоев дорожных одежд нежесткого типа методом спектрального анализа волновых полей: Диссертация на соискание учёной степени канд. техн. наук: 05.23.11. – М., 2005.- 197 с.
5. Deflectometer Results Using Dimensional Analysis, Fourth International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Purdue University, West Lafayette, IN, April 1989.
6. Zaghoul, S., T.D. White, V.P. Drnevich, and B. Coree, Dynamic analysis of FWD loading and pavement response using a three-dimensional finite element program, ASTM Non Destructive Testing of Pavements and Back Calculation of Moduli (Second volume), ASTM STP 1198.
7. 2002 DESIGN GUIDE A Product of Project NCHRP 1-37A
8. M. Catalina Orozco. Inversion method for spectral analysis of surface waves (SASW): In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy in Civil and Environmental Engineering. - Georgia Institute of Technology, 2003. – 287 p.

#### УДК 624.012.35

#### НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОПЕРЕЧНОЙ СИЛЫ

Ю.А. Кожанов, к.т.н., доц., Т.В. Гордиенко, н.с., С.А. Илюшечкин, н.с.,  
Днепропетровская государственная академия строительства и архитектуры

#### Введение.

Основная часть изгибаемых железобетонных конструкций, которые применяются в новом капитальном строительстве или при реконструкции

существующих зданий, в большей или меньшей степени работают на восприятие поперечных сил. При этом часто влияющим фактором является расчет по наклонным сечениям.

Исходя из проведенных исследований [2,3,4] и многочисленных экспериментальных данных [1,5,6,7,8] видно, что отклонения в величине несущей способности (в данном случае в зависимости от величины относительного пролета среза) при различных методах расчета незначительны (рис. 1).

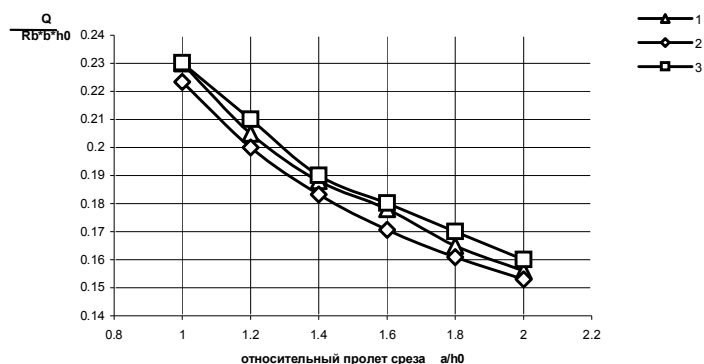


Рис. 1. Зависимость несущей способности железобетонного элемента от величины относительного пролета среза согласно расчетам по:  
 1 – блочно-связевой схеме [1];  
 2 – методу, заложенному в СНиП 2.03.01 [4];  
 3 – экспериментальные данные [1].

Но эти методы расчетов базируются на эмпирических зависимостях, что не дает четкого представления о физической работе и действии внутренних усилий в изгибаемом железобетонном элементе, что в условиях увеличения номенклатуры и форм применяемых конструкций в некоторых случаях приводит к перерасходу материала (бетона или арматуры) или к недостаточной надежности проектируемых конструкций железобетонных элементов при действии поперечной силы.

Этой проблеме посвящены работы таких ученых как Голышев А.Б., Залесов А.С., Климов Ю.А. и др.

Блочно-связевая схема согласно методу, предложенному Климовым Ю.А., дает более четкую оценку работы изгибаемых железобетонных элементов при действии поперечной силы.

Согласно этому методу определение несущей способности изгибаемого железобетонного элемента при действии поперечной силы базируется на решении системы уравнений [1]:

$$\begin{cases} Q_U = Q_b + Q_{SW} + Q_S + F_{CRC} \cdot \sin \Theta \\ N_S = N_b + F_{CRC} \cdot \cos \Theta \\ N_b \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x) = Q_u \cdot (a - 0.5 \cdot l_{sup}^{tot} - c) + Q_b \cdot c + 0.5 \cdot Q_{SW} \cdot c \\ Q_U = Q_b + Q_{b1} \\ N_{S1} = N_b + N_{b1} \\ Q_U \cdot (a - 0.5 \cdot l_{SUP}^{tot}) = N_{S1} \cdot \left[ h_0 - \frac{1}{3} \cdot (x_0 + 2 \cdot x) \right] + \frac{1}{3} \cdot N_b \cdot (x_0 + 0.5 \cdot x) \\ \frac{\Delta_b}{x_0} = \frac{\Delta_S}{h_0 - x_0} \\ \frac{\Delta_{b1}}{x_0 - x} = \frac{\Delta_{S1}}{h_0 - x_0} \end{cases}$$

Этот метод имеет некоторые недостатки, которые заключаются в громоздкости вычислений. При определении несущей способности изгибаемого элемента приходится сталкиваться с двумя итерационными процессами: должна быть обеспечена сходимость величины высоты сжатой зоны бетона над наклонной трещиной и величины несущей способности изгибаемого элемента.

Принимая за исходный метод расчета несущей способности изгибаемого элемента метод расчета блочно-связевой системы, необходимо внести некоторые коррективы.

До настоящего времени методы определения величины высоты сжатой зоны бетона над критической наклонной трещиной содержат большое число эмпирических зависимостей.

Исходя из теории, что наклонная трещина повторяет траекторию главных сжимающих напряжений, можем геометрически определить значение высоты сжатой зоны бетона над наклонной трещиной, т.е.

$$x = h_0 - f(c).$$

Согласно проведенных ранее исследований [2,3,4] уравнения траектории наклонной трещины в зависимости от изменяемых геометрических и физических параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1

Уравнения траектории наклонной трещины в зависимости от класса бетона

| Клас-<br>бетона <sup>1</sup>   | B20 <sup>2</sup>                             | B25 <sup>2</sup>                                | B30 <sup>2</sup>                              |
|--------------------------------|--|---|---|
| Вид-<br>уравнения <sup>3</sup> | $y = -0,01 + 1,23 \cdot x - 1,007 \cdot x^2$ | $y = -0,0105 + 1,219 \cdot x - 0,992 \cdot x^2$ | $y = -0,011 + 1,239 \cdot x - 1,03 \cdot x^2$ |

Общее уравнение траектории может быть записано в виде:

$$y = -0,01 + 1,23 \cdot x - 1,01 \cdot x^2$$

Выражаем переменные  $x$  и  $y$  через геометрические параметры изгибаемого элемента.

$$h - x = -0,01 + 1,23 \cdot c - 1,01 \cdot c^2$$

$$x = h + 1,01 \cdot c^2 - 1,23 \cdot c + 0,01$$

Где  $x$  – высота сжатой зоны бетона над наклонной трещиной  
 $c$  – величина пролета среза

На рис. 2 приведены экспериментальные зависимости несущей способности от величины пролета среза.

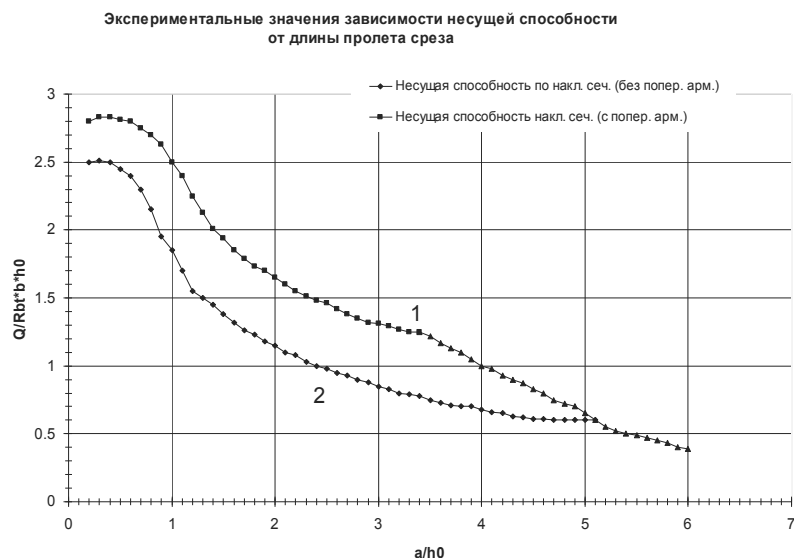


Рис. 2. Экспериментальные зависимости несущей способности от величины пролета среза.

### Изложение основного материала.

Определив геометрически уравнение траектории наклонной трещины в изгибаемых железобетонных элементах, убирается один из итерационных процессов в методе расчета по блочно-связевой схеме.

Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям определяется из уравнения:

$$Q_U = Q_b + Q_{SW} + Q_s + F_{CRC} \cdot \sin \Theta$$

Для определения составляющих данного уравнения необходимо решить систему уравнений:

$$\begin{cases} N_b \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x) = Q_u \cdot (a - 0.5 \cdot l_{sup}^{tot} - c) + Q_b \cdot c + 0.5 \cdot Q_{SW} \cdot c \\ Q_U \cdot (a - 0.5 \cdot l_{SUP}^{tot}) = N_{S1} \cdot \left[ h_0 - \frac{1}{3} \cdot (x_0 + 2 \cdot x) \right] + \frac{1}{3} \cdot N_b \cdot (x_0 + 0.5 \cdot x) \\ \frac{\Delta_b}{x_0} = \frac{\Delta_S}{h_0 - x_0} \\ \frac{\Delta_{b1}}{x_0 - x} = \frac{\Delta_{S1}}{h_0 - x_0} \end{cases}$$

Затем вычисляем продольное усилие в бетоне над наклонной трещиной

$$N_{b1} = 0.5 \cdot \sigma_b \cdot b \cdot (x_0 - x)$$

поперечное усилие в бетоне над наклонной трещиной

$$Q_b = R_b \cdot b \cdot x \cdot (1 + 0.7 \cdot \beta) \cdot \text{tg} \beta$$

осевое усилие в поперечной арматуре

$$Q_{SW} = q_{SW} \cdot c$$

нагельное усилие в продольной арматуре

$$Q_s = \left[ 1 - \left( \frac{N_s}{R_s \cdot A_s} \right)^2 \right] \cdot \frac{M_u}{l_s}$$

силы зацепления

$$F_{CRC} = 0.013 \cdot \Delta_{CRC} \cdot b \cdot l_{CRC} \cdot \left[ 1 - 0.5 \cdot l_{CRC} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) / a_{CRC,u} \right]$$

Таким образом, определение несущей способности сводится к решению системы 6-ти уравнений:

$$\begin{cases} Q_U = Q_b + Q_{SW} + Q_s + F_{CRC} \cdot \sin \Theta \\ N_b \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x) = Q_u \cdot (a - 0.5 \cdot l_{sup}^{tot} - c) + Q_b \cdot c + 0.5 \cdot Q_{SW} \cdot c \\ Q_U = Q_b + Q_{b1} \\ Q_U \cdot (a - 0.5 \cdot l_{SUP}^{tot}) = N_{S1} \cdot \left[ h_0 - \frac{1}{3} \cdot (x_0 + 2 \cdot x) \right] + \frac{1}{3} \cdot N_b \cdot (x_0 + 0.5 \cdot x) \\ \frac{\Delta_b}{x_0} = \frac{\Delta_S}{h_0 - x_0} \\ \frac{\Delta_{b1}}{x_0 - x} = \frac{\Delta_{S1}}{h_0 - x_0} \end{cases}$$

На рис. 3 представлены значения несущей способности в зависимости от изменения класса бетона при различных методах расчета в сравнении с экспериментальными данными.

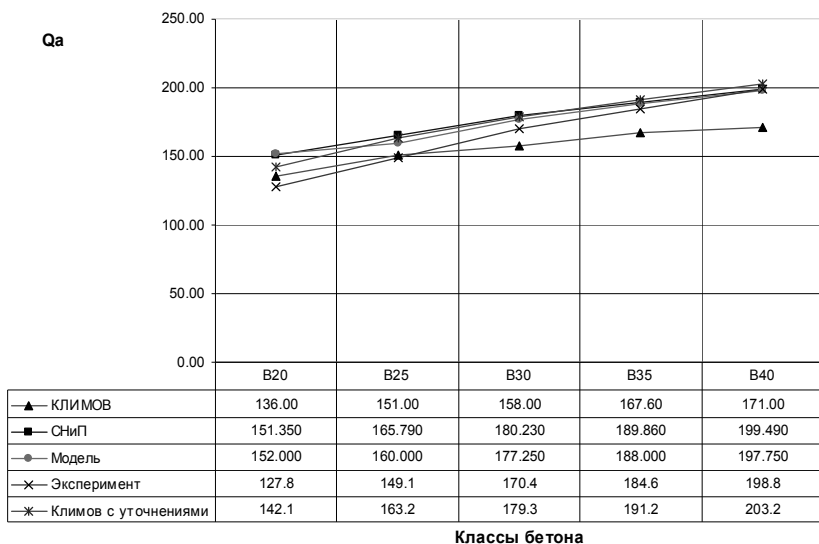


Рис. 3. Зависимость несущей способности от класса бетона.

### Выводы

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что отклонения величины несущей способности изгибаемых железобетонных элементов при действии поперечной силы при расчете по блочно-связевой схеме с уточнениями от величины несущей способности согласно экспериментальным данным составляет 2...10 %.

Также с учетом внесенных изменений определение несущей способности сводится к решению 6-ти уравнений (вместо 8-ми), что позволяет отказаться от одного итерационного процесса (определение высоты сжатой зоны бетона над наклонной трещиной). Алгоритмы расчетов определения несущей способности изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям при действии поперечной силы согласно методу по блочно-связевой схеме и методу с уточнениями приведены на рис. 4.

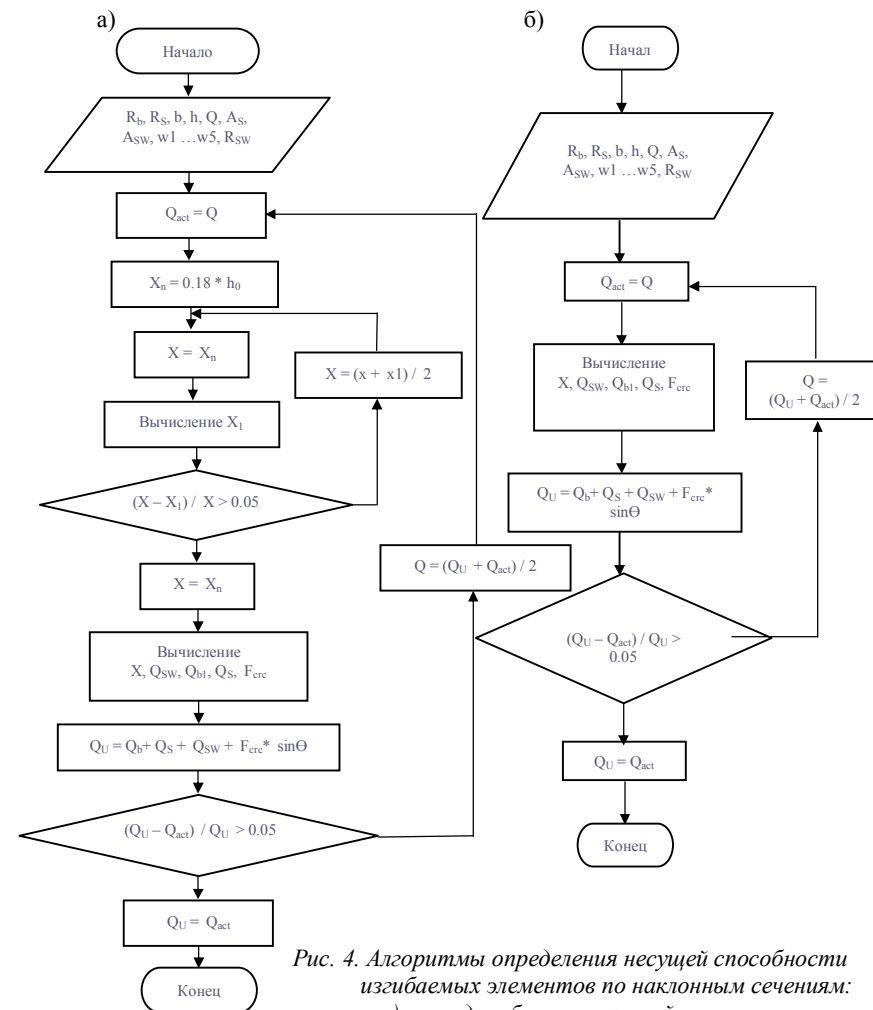


Рис. 4. Алгоритмы определения несущей способности изгибаемых элементов по наклонным сечениям:  
 а) метод по блочно-связевой схеме  
 б) метод с уточнениями

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Климов Ю.А. Теория и расчет прочности, трещиностойкости и деформативности железобетонных элементов при действии поперечных сил: Дис...докт. техн. наук: 05.23.01. – Киев, 1992. – 502 с.

2. Оцінка параметрів, від яких залежить висота стиснутої зони бетону над похилою тріщиною при дії поперечної сили на згинальні залізобетонні елементи / Ю.О. Кожанов, С.О. Ілющечкін, Т.В. Гордієнко, А.В. Єршоміна // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, -2004.
3. Анализ существующих методов расчета изгибаемых железобетонных элементов на действие поперечной силы / Кожанов Ю.А., Гордиенко Т.В. // Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение; - Вып. № – Дн-ск: ПГАСиА, 2003 -С.
4. До оцінки несучої здатності згинального залізобетонного елемента при дії поперечної сили / Ю.О. Кожанов, С.О. Ілющечкін, Т.В. Гордієнко // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, -2005.
5. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. – М.: высш. шк., 1995. – 560 с.: ил.
6. Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил. – К.: Будівельник, 1989. – 104 с.
7. Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие / Гольшев А.Б., Бачинский Б.Я., Полищук В.П. и др. – К.: Будівельник, 1990. – 544 с.
8. СНиП 2.03.01-84 Бетонные и железобетонные конструкции. / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР., 1985. – 79 с.

## УДК 69.057.3

### ПОТОЧНЫЙ МЕТОД ЗАМЕНЫ С ПОМОЩЬЮ ВЕРТОЛЕТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ, ОТСЛУЖИВШИХ СВОЙ СРОК, НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЩИТЫ

*Л.К. Козловский\**, инженер, *Г.А. Ажермачев Г.А.\*\**, к.т.н., профессор  
*\*«Аэроспецмонтаж». г. Саки. Крым. Украина*

*\*\*Национальная академия природоохранного и курортного строительства,  
г. Симферополь. Крым. Украина*

Началом поточного метода монтажа и демонтажа железобетонных плит покрытия (или, как правило, повсеместный монтаж металлических щитов после демонтажа, отслуживших свой срок железобетонных плит) можно считать 1989 г.

Из-за неудовлетворительного состояния железобетонных плит покрытия на конверторном цехе комбината им. Ильича (г. Мариуполь) требовалась полная их замена.

Крайне стесненные условия промышленной площадки: наличие многочисленных пристроек, галерей, вытяжных труб железнодорожных подъездных путей, довольно больших габаритов самого цеха (отметка высотной части 61 метр), не позволяли традиционным методом замену железобетонных покрытий (с помощью монтажных башенных кранов). Ремонтные работы произвести было сложно. Проектом организации работ,

разработанным отраслевым институтом, предполагалось остановить технологический процесс (в данном случае это непрерывный процесс выплавки стали) производства, а, следовательно, остановить работу всего комбината (число работающих составляет более 60 тыс. чел.). Вышеизложенные обстоятельства заставили руководство комбината искать нетрадиционные методы производства строительно-монтажных работ.

Предприятием «Аэроспецмонтаж» (находящимся в то время в составе треста «Крымстальмонтаж») был предложен метод замены железобетонных плит покрытия цеха с использованием вертолета МИ-8.

Строительно-монтажные работы по демонтажу железобетонных плит покрытия и установке новых металлических щитов на конверторном цехе были выполнены за 2 месяца, при этом, все работы выполнялись при непрерывном технологическом процессе! Это была первая победа над теми, кто не верил, что «слепым» (летчик с передней кабины не видит предметы подъема, а управляет вертолетом по команде бортмеханика, лежащего на полу вертолета, у двери визуальное наблюдающего за перемещением вертолета) вертолетом возможно производить такие сложные работы.

Следует отметить, что для такого вида работ с использованием вертолета требуется тщательная подготовка как летного состава, так и наземных работников.

Как показывает анализ, катастрофы, произошедшие с вертолетами в мировой практике при производстве строительно-монтажных и транспортных работ, могут быть по следующим причинам:

- недостаточно качественная разработка проекта производства работ (ППР);
- несоблюдение требований ППР;
- отсутствие должного опыта в выполнении монтажных и транспортных работ летного состава;
- нечеткая организация производства работ;
- отсутствие постоянной оперативной связи экипажа в воздухе и наземных подразделений.

Тщательно выполненные вышеприведенные условия – гарантия успеха вертолетного монтажа.

Вертолетный монтаж относительно молодое направление в строительно-монтажных работах. Это направление получило свое развитие благодаря тесной работе строителей-монтажников и вертолетчиков. В Советском союзе была создана школа высшего пилотажа, которая дала всему миру известных вертолетчиков, выполнявших самые сложные монтажные операции (Ухтинский авиаотряд РФ, руководитель Мальцев Геннадий Степанович, «ПАНХ» ОАО – применение авиации в народном хозяйстве, Руководитель Козловский Владимир Борисович). Эти два предприятия в настоящее время требуют значительной государственной поддержки. В 90-х годах в Крыму впервые в мире были созданы наземные подразделения, состоящие из монтажников-высотников и инженерно-технических работников, работающих на постоянной основе с летными экипажами. Тесное сотрудничество работников авиации и строителей-монтажников дали поразительные результаты за период с 1989 по 1999 гг., т.е. только за 10 лет совместной работы была выполнена замена кровельного покрытия железобетонных плит на целом ряде промышленных объектов, в том числе: