

ИЗВЕСТИЯ

ОРЛОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



СТРОИТЕЛЬСТВО
ТРАНСПОРТ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ
НАУКИ

ЛЕГКАЯ И ПИЩЕВАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

УПРАВЛЕНИЕ
ЭКОНОМИКА, ПРАВО

ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

ГУМАНИТАРНЫЕ
НАУКИ

ПРОБЛЕМЫ
ОБРАЗОВАНИЯ

МАШИНОСТРОЕНИЕ
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

ТС

СТРОИТЕЛЬСТВО
ТРАНСПОРТ



№ 3-4 (7-8)
2005

ИЗВЕСТИЯ ОрелГТУ

Научный журнал

Серия
«Строительство. Транспорт»



СОДЕРЖАНИЕ

• СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель:

Голенков В.А. д.т.н., проф.

Зам. председателя:

Степанов Ю.С. д.т.н., проф.

Светкин В.В. к.т.н., доц.

Колчунов В.И. д.т.н., проф.

Гордон В.А. д.т.н., проф.

Константинов И.С. д.т.н., проф.

Садков В.Г. д.э.н., проф.

Кулаков А.Ф. к.т.н., доц.

Фролова Н.А. к. социол.н., доц.

Соков О.А. к.т.н., доц.

Борзенков М.И. к.т.н., доц.

Поландова Л.И.

Одолеева М.В.

РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

Главный редактор:

Колчунов В.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Зам. главного редактора:

Никулин А.И. к.т.н., доц.

Отв. секретарь:

Бакаева Н.В. к.т.н., доц.

Технический секретарь:

Блинников Е.А.

Члены редколлегии:

Бондаренко В.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Федоров В.С. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Новиков А.Н. д.т.н., проф.

Римшин В.И. д.т.н., проф.

Колесникова Т.Н. к.арх.

Северюгина Н.С. к.т.н.

Компьютерная верстка:

Блинников Е.А.

Веретенникова Ю.О.

Рецензенты:

д.т.н., проф. *Меркулов С.И.* (ГОУ ВПО «Курский государственный технический университет»).

д.т.н. проф. *Юдин В.М.* (ФГОУ ВПО «Российский государственный заочный аграрный университет»)

АДРЕС РЕДАКЦИИ СЕРИИ

302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29.

Факультет транспорта и строительства.

Редколлегия журнала Известия ОрелГТУ.

Серия «Строительство. Транспорт».

тел.: (4862) 41-98-05, 76-29-94

факс: (4862) 43-92-41; e-mail: antc@ostu.ru

Зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации. Свидетельство:

ПИ № 77-15496 от 20 мая 2003 г.

Формат 69×90/8. Печать ризография.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 7,5. Тираж

500 экз.

© ОрелГТУ, 2005

Бондаренко В.М., Ларионов Е.А. К вопросу о длительной прочности и выносливости бетона.....	3
Блинников Е.А., Никулин А.И. Расчетная модель железобетонной стойки при косом внецентренном сжатии.....	7
Ветрова О.А., Ключева Н.В. Экспериментальные исследования рамно-стержневых железобетонных конструкций в запрельных состояниях.....	10
Волкова Л.А. Экорееабилитация городской среды путем совершенствования архитектурно-строительных решений промышленных предприятий.....	15
Дорофеева И.А. Социально-экономические предпосылки эволюции типологии сельского жилища.....	19
Захарова Е.А., Захаров М.В., Зюзин В.А. Реконструкция существующих жилых домов первых массовых серий с применением новых методов строительства.....	23
Захаров М.В. Организация жилой среды сел Орловской области и закономерности ее формирования в современных условиях.....	27
Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Ветрова О.А. Алгоритм расчета рамно-стержневых конструкций с внезапно выключающимися связями.....	32
Колесникова Т.Н. Световой климат местности как важный фактор формирования рациональных энергоэкономичных архитектурных решений теплиц.....	41
Колчунов В.И., Акмочкина И.В. Методика экспериментальных исследований прочности и деформативности контактной зоны двух бетонов с различными физико-механическими свойствами.....	46
Колчунов В.И., Пимочкин В.Н. Деформационный эффект при сопротивлении растянутого бетона между трещинами в железобетонном элементе (или вскрытие истинных причин расхождения внешних и внутренних усилий в поперечном сечении железобетонного элемента, рассчитываемого по теории В.И. Мурашева).....	49
Коробко А.В., Гефель В.В., Чиклаев А.А. Способ и алгоритм определения коэффициента формы для областей с криволинейными участками контура.....	55
Ларионов Е.А., Бондаренко В.М. Развитие методов интегральной оценки силового сопротивления железобетонных конструкций.....	58
Масеев Л.М. Перемещение стенок грунтовой полости при воздействии уплотняемой полимербетонной смеси.....	61
Никулин А.И., Блинников Е.А. Расчет прочности внецентренно сжатых с малыми эксцентриситетами коротких железобетонных элементов на основе энергетического подхода к трансформированию диаграмм сжатия бетона.....	65
Сафонов Г.А., Колчунов В.И. Специфика практического расчета пространственных сечений железобетонного обвязочного ригеля на действие кручения с изгибом.....	70
Федоров В.С., Левитский В.Е. Основные принципы построения и аналитического описания диаграмм деформирования бетона в условиях кратковременного нестационарного нагрева под нагрузкой.....	77
Юров А.П. Определение величины преднапряжения балочных конструкций по основной (или резонансной) частоте колебаний ...	84

• **АВТОМОБИЛИ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СЕРВИС И РЕМОНТ**

Андреев Г.П. Оптимизация приемов торможения при подготовке водителей транспортных средств.....	87
Бакаева Н.В. Современное состояние рынка услуг автосервиса в г. Орле	91
Бодров А.С. Окраска порошковыми красками в автомобилестроении	96
Букалова Г.В. Методологический аспект системы управления качеством подготовки специалистов автотранспортного комплекса	100
Данилевич Д.В., Поляков В.В. Использование особенностей процесса резания грунтов при расчете устойчивости откосов	104
Жуков В.В. Перспективные направления развития технологий восстановления изношенных головок блоков двигателей внутреннего сгорания	107
Коломейченко А.В., Титов Н.В., Басинюк В.Л., Мардосевич Е.И. Восстановление неразъемных подшипников скольжения постановкой дополнительных ремонтных деталей, упрочнённых микродуговым оксидированием с последующим модифицированием	110
Чиклаева В.В., Нахалов А.М. Проблемы сбора и утилизации отработанных масел	112
Паничкин А.В. Особенности подвески навесного оборудования рыхлителя с регулируемым углом рыхления	115
Севостьянов А.Л. Фазовый состав покрытий, сформированных микродуговым оксидированием.....	119
Стратулат М.П. О некоторой зависимости дефектов субструктуры и микротвердости электролитических хромовых покрытий от величины пульсации выпрямленного тока	121
Чиклаева В.В., Садыков Р.Р. Использование биотоплива на автомобильном транспорте.....	124

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.012

Докт. техн. наук, проф., акад. РААСН В.М. Бондаренко
(Орловский государственный технический университет)

Россия, г. Орел

Канд. физ.-мат. наук, доц. Е.А. Ларионов

(Московский институт коммунального хозяйства и строительства)

Россия, г. Москва

К ВОПРОСУ О ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ И ВЫНОСЛИВОСТИ БЕТОНА

В данной работе изучается влияние режимов нагружения и коррозионных повреждений на текущую и длительную прочность бетона. Основой для вывода полученных соотношений является концепция, что величина $W^0(t_0)$ потенциальной энергии разрушения материала не зависит от того, каким образом она будет исчерпываться при $t \geq t_0$.

Процесс разрушения материала может реализоваться различным образом. Потенциальную энергию $W^0(t_0)$ материала, равную работе, необходимой для его разрушения при мгновенном деформировании, назовем энергией целостности материала. Согласно концепции

$$W^0(t_0) = W(t_0) \quad (1)$$

При длительном разрушении материала, завершаемом к концу промежутка времени $T = t - t_0$, в силу закона сохранения энергии

$$W^0(t_0) = W(t) + W_o(t) \quad (2)$$

где $W_o(t)$ представляет диссипативно рассеянную за время T часть начальной энергии целостности $W(t_0)$. В силу (1) и (2)

$$W(t_0) = W(t) + W_o(t) \quad (3)$$

Текущий ресурс силового сопротивления определяется величиной энергии $W^0(t_0)$ и вместе с ней уменьшается из-за диссипации. Соотношение (3) влечет зависимость

$$R(t) = \eta(t)R(t_0) \quad (4)$$

между начальной прочностью $R(t_0)$ и прочностью $R(t)$ в момент наблюдения t .

Прочности $R_{кр} = R(t_0)$ и $R_{дл} = \lim_{t \rightarrow \infty} R(t)$ называются кратковременной и длительной. В силу (4) $R_{дл} = \eta R_{кр}$, $\eta = \lim_{t \rightarrow \infty} \eta(t)$.

В общем случае имеем следующую структуру диссипации энергии целостности

$$W_o(t) = W_{о\text{м}}(t) + W_{о\text{к}}(t) + W_{о\text{о}}(t). \quad (5)$$

В (5) $W_{о\text{м}}(t)$ - диссипация от необратимой части силовых деформаций, $W_{о\text{к}}(t)$ - диссипация от коррозионных воздействий, $W_{о\text{о}}(t)$ - диссипация от других несиловых воздействий.

Ключевым моментом при изучении влияния несиловых воздействий на ресурс силового сопротивления материала является предпосылка о независимости функции

$$\varphi(\tau, t_0) = E(\tau, t_0) \cdot C^*(\tau, t_0) \quad (6)$$

от этих воздействий. В (6) $E \tau, t_0$ - текущий модуль мгновенных деформаций, $C^* \tau, t_0$ - текущая мера простой ползучести $C_0^* \tau, t_0$ или виброползучести $C_{os}^* = K_g C_0^* \tau, t_0$, где K_g - коэффициент виброползучести [1]. Функция $\varphi \tau, t_0$, будучи характеристикой неравновесного силового деформирования, представляет меру неравновесности силового деформирования. Поскольку такое деформирование суть следствие лишь силовых воздействий, то естественно предположить, что мера $\varphi \tau, t_0$ является инвариантной от несилевых воздействий на материал.

Коррозионные воздействия, являясь физико - химическим процессом, ослабляют сопротивление материала деформациям и тем самым уменьшают его модуль деформаций. Одновременно это ослабление сопровождается увеличением ползучести материала. Эти противоположные тенденции, компенсируя друг друга, влекут инвариантность $\varphi \tau, t_0$ от коррозионных повреждений. Если $E^k \tau, t_0$ и $C^{*k} \tau, t_0$ - функции модуля деформаций и меры ползучести при коррозионных воздействиях, то согласно нашей концепции

$$E^k \tau, t_0 \cdot C^{*k} \tau, t_0 = E \tau, t_0 \cdot C^* \tau, t_0 \quad (7)$$

При статическом нагружении $\sigma(\tau) = \sigma$ полная относительная силовая деформация

$$\varepsilon \tau, t_0 = S_m \sigma / E \tau, t_0 + S_{II} \sigma C_0^* \tau, t_0 \quad (8)$$

где $S_m \sigma$ и $S_{II} \sigma$ - нелинейные функции мгновенных деформаций и деформаций ползучести.

Напряжение, разрушающее материал в момент $\tau = t_0$, равно его прочности $R = t_0$, а потому

$$W t_0 = R t_0 \cdot \varepsilon t_0, t_0 = R t_0 [S_m [R t_0] / E t_0, t_0 + S_{II} [R t_0] C_0^* t_0, t_0] \quad (9)$$

Если не учитывать несилевые воздействия, то энергия $W t_0$ равна работе силы $R t$ на осуществление деформации $\varepsilon t, t_0$

$$R t_0 \varepsilon t_0, t_0 = R t \varepsilon t, t_0 \quad (10)$$

В приложениях [2]

$$S_m [\sigma \tau] = \sigma \tau [1 + \eta_m (\sigma \tau / R t)^m], \quad S_{II} [\sigma \tau] = \sigma \tau [1 + \eta_n (\sigma \tau / R t)^m]$$

где η_m, η_n и m - эмпирические параметры. И согласно (10)

$$R t = \sqrt{\frac{E \tau, t_0 \cdot [1 + 1 + \eta_n C_0^* t_0, t_0 \cdot E t_0, t_0 / 1 + \eta_m]}{E t_0, t_0 \cdot [1 + 1 + \eta_n C_0^* t, t_0 \cdot E t, t_0 / 1 + \eta_m]}} \cdot R t_0 \quad (11)$$

Учитывая формулу [3] $E \tau, t_0 = E \infty, t_0 [1 - \beta e^{-\alpha \tau - t_0}]$, характерный случай [1]

$C_0^* \tau, t_0 = C_0^* \infty, t_0 [1 - \beta_1 e^{-\gamma_1 \tau - t_0}]$ и, вводя обозначение $r t = 1 + \eta_n C_0^* t, t_0 \cdot E t, t_0 / 1 + \eta_m$, имеем

$$R t = \sqrt{\frac{[1 - \beta e^{-\alpha t - t_0}] \cdot [1 + r t]}{1 - \beta [1 + r t]}} \cdot R t_0 \quad (12)$$

$$R_{oi} = \sqrt{\frac{1 + 1 - \beta_1 \quad 1 - \beta \quad r}{1 - \beta \cdot 1 + r}} R_{xp}, \quad r = \lim_{x \rightarrow \infty} r t, \quad (13)$$

Например, для бетона B60 имеем $\eta_m = 0,70$, $\eta_n = 1,22$, $C_0^*(\infty, 28) = 40 \cdot 10^{-6} \text{ МПа}^{-1}$, $E \infty; 28 = 40 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ и при $\beta = 0,1$, $\beta_1 = 0,8$ получим $r = 2,09$, $\eta = 0,71$, $R_{oi} = 0,71 R_{xp}$.

Вибрационное пригружение $\sigma_g \tau = \sigma_0 \cos \omega \tau$ приводит к интенсификации ползучести бетона, порождая его виброползучесть. Величина этой интенсификации определяется коэффициентом виброползучести K_g и на основе экспериментальных данных принимается [4] справедливость соотношения $C_{os}^* \tau, t_0 = K_g C_0^* \tau, t_0$. В этом случае деформация ползучести увеличивается в K_g раз и при $\sigma \tau = \sigma$

$$W_o t = \sigma \cdot S_{II} \sigma K_g C_0^* t, t_0 \quad (14)$$

Деформация в момент $\tau = t_0$

$$\varepsilon_e \tau, t_0 = S_m \sigma / E \tau, t_0 + K_e S_{II} \sigma C_0^* \tau, t_0 \quad (15)$$

В силу (3), (14) и (15) для текущего и длительного множителей выносливости имеем

$$\eta_e \tau = \sqrt{\frac{1 - \beta e^{-\alpha \tau} [1 + K_{er} \tau]}{1 - \beta [1 + K_{er} \tau]}} \quad (16)$$

$$\eta_e = \sqrt{\frac{1 + 1 - \beta \quad 1 - \beta_1 \quad K_{er}}{1 - \beta \quad 1 + K_{er}}} \quad (17)$$

Для бетона B60 при уровне загрузки $\frac{\sigma_{max}}{R_{bII}} = 0,5$ и $\omega = 5\pi$ имеем [5] $K_e = 3,4$ и согласно (17)

получим $\eta_e = 0,63$; $R_e = 0,63R_{кр}$.

Оценка коррозионных повреждений материала осуществляется с помощью эмпирических зависимостей. Например, на основе энтропийной модели Гульдберга – Вааге для текущей глубины проникновения повреждений [6]

$$\delta \tau, t_0 = \delta \infty, t_0 \left[1 - \beta^* e^{-\alpha_* \tau - t_0} \right] \quad (18)$$

Величину $Z = \delta \tau, t_0$ отсчитываем по нормали к неразрушенной при $\tau = t_0$ поверхности Σ_0 . Толщину $Z^* \tau, t_0$ разрушенного слоя бетона оцениваем по формуле $Z^* \tau, t_0 = a\tau$, a - скорость разрушения в мм/г. В этом слое вплоть до неразрушенной поверхности Σ_* имеем, что $E^k \tau, t_0 = 0$. Пусть Σ_s поверхность нетронутой коррозией части бетона. В переходном слое между Σ_* и Σ_s модуль $E^k \tau, t_0$ как функция от Z возрастает от нуля до $E \tau, t_0$. Эта динамика $E^k \tau, t_0$ задается с помощью функции $K_E z, \tau$ и

$$E^k \tau, t_0 = K_E z, \tau E \tau, t_0 \quad (19)$$

Из равенства (3) энергетического баланса для слоя толщиной dz получим функцию прочности в переходном слое

$$R \tau, z = \sqrt{K_E \tau, z \eta \tau R t_0} \quad (20)$$

Для функций длительной прочности $R_{dl}^* z$ и длительной выносливости имеем

$$R_{dl}^* z = \sqrt{K_E^* z \eta R_{кр}}, \quad R_e^* z = \sqrt{K_E^* z \eta_e R_{кр}} \quad (21)$$

В (21) $K_E^* z = \lim_{x \rightarrow \infty} K_E z, t$, например, в линейном случае

$$K_E^* z = \left[Z - Z^* \infty, t_0 \right] / \left[\delta \infty, t_0 - Z^* \infty, t_0 \right]$$

Оценим текущий и длительный ресурсы поперечных сечений, поврежденных коррозией. Если $A_n t$ (A_n) – неповрежденная к моменту $t \quad t = \infty$ часть площади поперечного сечения элемента конструкции, то разрушающее его в конце промежутка T и длительное усилия задаются формулами

$$N^* t = \eta \tau R t_0 \left[A_n t + \int_{Z^* \tau, t_0}^{\delta \tau, t_0} \sqrt{K_E z, t} dA z \right] \quad (22)$$

$$N_{dl}^* = \eta R_{кр} \left[A_n + \int_{Z^* \infty, t_0}^{\delta \infty, t_0} \sqrt{K_E^* z} dA z \right] \quad (23)$$

Для текущего $D^* t$ и длительного D_{dl}^* значений жесткости сечения имеем

$$D^* t = E \tau, t_0 \left[A_n t + \int_{Z^* \tau, t_0}^{\delta \tau, t_0} K_E z, t dA z \right] \quad (24)$$

$$D_{\sigma t}^* = E \int_{\sigma_0}^{\sigma} \left[A_n + \int_{z^*}^{\delta} K_E^* z \, dA \, z \right] \quad (25)$$

Пусть $\sigma \tau = f \tau \sigma_0$ — неубывающее нагружение, меняющееся от $\sigma = 0$ до $\sigma = \sigma_0$. Например, $\sigma \tau = a_0 \tau$ или $\sigma \tau = \sigma_0 (1 - \alpha e^{-\delta \tau})$, $\alpha > 0$, $\delta > 0$. Оценим величину $W_{\sigma \tau} = \int_0^T S_{II}[\sigma \tau] C_0^* \tau, t_0 \, d\sigma \tau$.

Поскольку $S_{II}[\sigma \tau] = \sigma \tau \left[1 + \eta_n [f \tau]^m \right] \leq \sigma_0 (1 + \eta_n)$ и $C_0^* \tau, t_0 < C_0^* t, t_0$ для всех $0 \leq \tau \leq T$, то

$$W_{\sigma \tau} < \sigma_0^2 (1 + \eta_n) C_0^* t, t_0 \quad (26)$$

Величина $W_{\sigma \tau}^0 = \sigma_0^2 (1 + \eta_n) C_0^* t, t_0$ представляет диссипативно поглощенную энергию при $\sigma \tau = \sigma_0$, а потому согласно (3) и (26) $R_p t > R_0 t$, где $R_p t$ и $R_0 t$ — прочностные характеристики при режимах $\sigma \tau = f \tau \sigma_0$ и $\sigma \tau = \sigma_0$. Поскольку $\eta_p t > \eta_0 t$ то $R_p \infty > R_0 \infty$.

Итак, при $\sigma \tau = \sigma$ имеем нижнюю оценку длительной прочности для всех неубывающих режимов нагружения.

Пусть σ_0^* — наибольшее статическое напряжение, выдерживаемое материалом неограниченно долгое время. В силу оценки $R_p \infty > R_0 \infty$ — неубывающий режим при условии

$$\sigma \tau \leq \sigma_0^* \quad (27)$$

сколь угодно долго не влечет разрушения.

Если на некоторых интервалах времени $\sigma \tau$ убывает, то это влечет увеличение $W \tau$ и, следовательно, прочностных характеристик за счет обратимой части силовых деформаций. Это означает, что режим $\sigma \tau$ при условии (27) является допустимым с точки зрения долговременной безопасности.

Полученные при $\sigma \tau = const$ оценки множителей текущей и длительной прочности и выносливости и при учете коррозионных повреждений являются нижними оценками для всех режимов нагружения, удовлетворяющих условию $\sigma \tau \leq \sigma$.

Литература

1. Бондаренко В.М. Виброползучесть бетона / В.М. Бондаренко, Е.А. Ларионов // Известия вузов. Строительство. — 2004. — № 3. — С. 4-9.
2. Бондаренко В.М. Инженерные методы нелинейной теории железобетона / В.М. Бондаренко, С.В. Бондаренко. — М.: Стройиздат, 1982. — 287 с.
3. Арутюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести. — М.-Л.: Гостехиздат, 1952. — 323 с.
4. Шкербелис К.К. О связи между деформациями ползучести и скоростью нагружения // Исследования по бетону и железобетону, Сб. 3. — Рига: Изд. АН Латв. ССР, 1959.
5. Бондаренко В.М. Износ, повреждения и безопасность железобетонных сооружений / В.М. Бондаренко, А.В. Боровских. — М.: ИД Русанова, 2000. — 144 с.
6. Бондаренко В.М. Длительная прочность и выносливость бетона конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений / В.М. Бондаренко, А.А. Сухарев // Материалы юбилейной конференции МИКХиС, ч. 1, 2003. — С. 9-17.

УДК 624.012

*Асп. Е. А. Блинников, канд. техн. наук, доц. А. И. Никулин**(Орловский государственный технический университет)**Россия, г. Орел*

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ СТОЙКИ ПРИ КОСОМ ВНЕЦЕНТРОМ СЖАТИИ

Расчет нормальных сечений железобетонных конструкций, в котором для описания физико-механических свойств бетона и арматуры используют аналитические зависимости, выражающими связь между напряжениями и деформациями, давно уже приобрел заслуженную популярность среди специалистов, занимающихся конструктивными проблемами железобетона (так называемый «диаграммный» метод, деформационная модель железобетона). Этот метод позволяет с наибольшей степенью достоверности выявить параметры напряженно-деформируемого состояния конструкций на различных стадиях их работы и соответственно получить максимально обоснованную оценку их надежности по предельным состояниям. При этом, чтобы установить вид эпюр напряжений в сечении железобетонного элемента, применяют различные приемы трансформирования исходных диаграмм бетона, полученных при центральном сжатии и растяжении. Как правило, такие преобразования базируются на эмпирической основе и справедливы только для типов сечений и напряженных состояний, на которых они получены. Более общим представляется подход, основанный на использовании энергетических соотношений для решения задач рассматриваемого типа, что позволяет исключить эмпирические зависимости из общей системы разрешающих уравнений [1].

Новые нормы по проектированию также предполагают расчет железобетонных конструкций по деформационной модели [2, 3, 4], в которой регламентированы параметры диаграмм деформирования бетона и арматуры и геометрические гипотезы. Но из окончательной редакции норм исключена криволинейная диаграмма деформирования бетона (из-за трудоемкости практических расчетов), что обедняет арсенал вычислительных средств, т. к. криволинейная диаграмма обеспечивает наилучшее соответствие с результатами опытов и позволяет существенно упростить алгоритм компьютеризированных методов за счет максимальной унификации многократно повторяющихся вычислений компонентов напряженно-деформированного состояния сечений конструкций. Методика расчета, представленная в этой статье, базируется на использовании криволинейной диаграммы деформирования бетона, представленной в работах А. И. Никулина.

Рассмотрим возможность применения деформационной расчетной модели, предложенной в работе [1], для определения прочности нормальных сечений сплошных железобетонных стержней при косом сжатии. В первом приближении учитываем лишь кратковременное действие нагрузки и малая длина элемента.

При выводе разрешающих уравнений используются традиционные уравнения равновесия, условия совместности деформаций с учетом гипотезы плоских сечений и соответствующие физические уравнения, характеризующие нелинейные свойства бетона и арматуры.

Для наиболее общего случая расчета была составлена система уравнений, условно разделенных на следующие группы.

1. Уравнения равновесия включают три условия:

– равенство нулю суммы проекций внешних сил и внутренних усилий:

$$-N = F_c + F_t + \sum_{j=1}^k F_{s,j}; \quad (1)$$

где k – количество стержней арматуры;

– внешний изгибающий момент по оси x $N_u \times e_x$ уравнивается суммой моментов всех внутренних усилий:

$$M_x = M_{xc} + M_{xt} + \sum_{j=1}^k M_{sx,j} = 0; \quad (2)$$

– внешний изгибающий момент по оси y $N_u \times e_y$ уравнивается суммой моментов всех внутренних усилий:

$$M_y = M_{yc} + M_{yt} + \sum_{j=1}^k M_{sy,j} = 0. \quad (3)$$

2. Уравнения силовых факторов:

$$F_{c[t]} = \sum_{i=1}^n F_{c[t],i} = \frac{b}{n} \sum_{i=1}^n \omega_{c[t],i} \cdot x_{c[t],i} \cdot \sigma_{c[t],i}, \quad (4)$$

$$M_{jc[t]} = \sum_{i=1}^n F_{c[t],i} l_{j,c[t],i}, \quad \text{где } j = x, y, \quad (5)$$

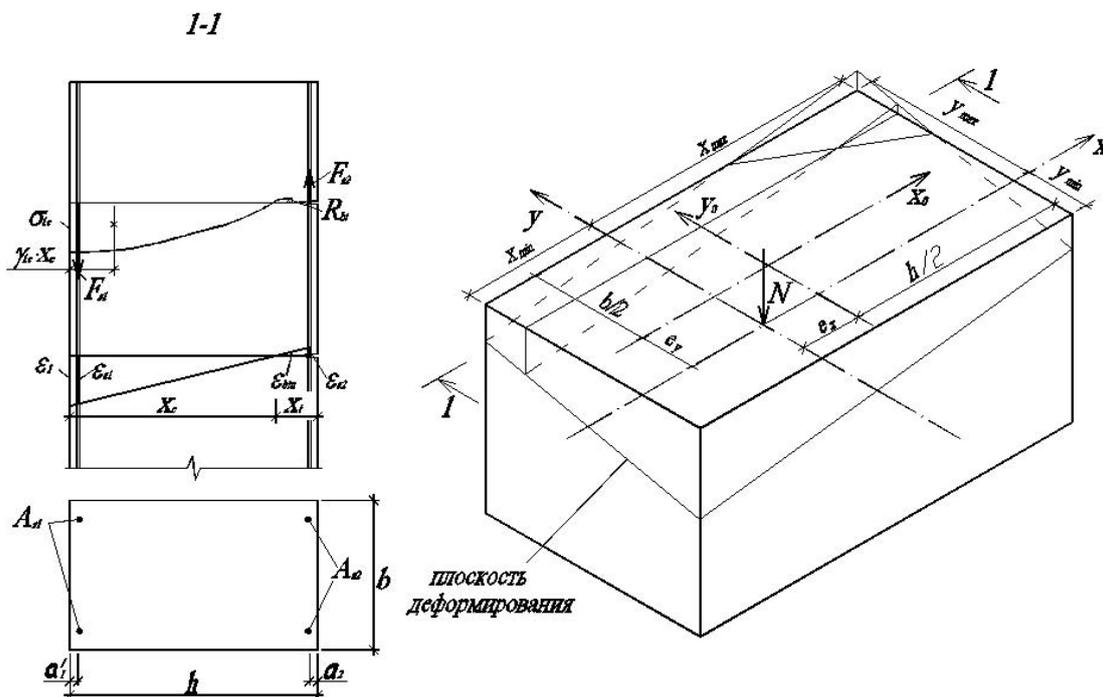


Рис. 1. Расчетная схема железобетонного стержня при косом сжатии

3. Уравнения геометрии деформирования основаны на гипотезе плоских сечений и служат для определения относительных деформаций в бетоне (ϵ_b) и арматуре (ϵ_s), а также для вычисления размеров растянутой (x_t) и сжатой (x_c) зон бетона.

Начало координат находится в месте приложения нагрузки N .

Уравнение плоскости:

$$\epsilon = A_p x + B_p y + C_p, \quad (6)$$

Суммирование проводим по оси y , с пределами:

$$y_{\min} = -0,5b + e_y, \quad (7)$$

$$y_{\max} = 0,5b - e_y. \quad (8)$$

где y_{\min} , y_{\max} – координаты ограничения прямоугольного сечения расчетной схемы, соответственно нижней и верхней границ.

e_y – эксцентриситет относительно оси y , отсчитывается от оси симметрии расчетного сечения, вверх от оси симметрии – положительный, вниз – отрицательный.

$$y_i = y_{\min} + \frac{b}{n} \left(i - \frac{1}{2} \right), \quad i \in 1; 1000, \quad (9)$$

Вычисляются деформации при x_{\min} и x_{\max} .

$$x_{\min} = -0,5h + e_x, \quad (10)$$

$$x_{\max} = 0,5h - e_x. \quad (11)$$

$$\varepsilon_{1,i} = A_p x_{\min} + B_p y_i + C_p, \quad (12)$$

$$\varepsilon_{2,i} = A_p x_{\max} + B_p y_i + C_p, \quad (13)$$

Если деформации разнознаковые, т. е. $x_{\min} \cdot x_{\max} < 0$, то вычисляем $x_{0,i}$ при $\varepsilon = 0$:

$$x_{0,i} = -\frac{1}{A_p} B_p y_i + C_p, \quad (14)$$

Плечи усилий вычисляются с помощью системы из 5 уравнений, в зависимости от величины коэффициента A_p . Для определения величин сжатой и растянутой зоны, с учетом трещин, служат еще 4 уравнения

4. Вспомогательные зависимости (4 уравнения) используются для определения коэффициентов полноты эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона (ω) и относительных расстояний от крайних волокон до центров тяжести этих эпюр (γ).

5. Физические зависимости (3 уравнения) представляют собой диаграммы состояния бетона и арматуры, которые позволяют установить величины соответствующих напряжений (σ_b, σ_s).

В результате получаем систему разрешающих уравнений для определения искомой величины усилия N_u , соответствующего исчерпанию прочности сплошного сечения косо сжатого железобетонного элемента, а также других параметров, характеризующих его НДС при заданных эксцентриситетах e_x и e_y приложения сосредоточенной силы. При рассмотрении каждого отдельного случая расчета прочности, включая большие и малые эксцентриситеты, из общей системы уравнений исключаются недействующие зависимости и соответствующие неизвестные параметры, что позволяет говорить об универсальности такой системы. Ее решение из-за ряда нелинейных зависимостей, осуществляется с использованием стандартных итерационных процедур.

Для проведения качественной и количественной оценки результатов, получаемых в рамках рассматриваемой расчетной модели, разработан алгоритм и программа расчета "ЖБ Конструкция" для персонального компьютера, которая позволяет рассчитывать косо сжатых элементов по вышеизложенным зависимостям.

Литература

1. Никулин А.И. Применение энергетических соотношений при построении расчетной модели для определения несущей способности сечений изгибаемых железобетонных элементов / А.И. Никулин, В.И. Колчунов // Вестник центрального регионального отделения РААСН. Выпуск 4. – Воронеж-Иваново, 2005. – С.99-106.

2. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения / ГУП НИИЖБ Госстроя России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 53 с.

3. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры / ГУП НИИЖБ Госстроя России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 28 с.

4. Звездов А.И. Расчет прочности железобетонных конструкций при действии изгибающих моментов и продольных сил по новым нормативным документам / А.И. Звездов, А.С. Залесов, Т.А. Мухамедиев, Е.А. Чистяков // Бетон и железобетон. – 2002. – № 4. – С. 21-25.

УДК 624.12.45.04

*Асп. О. А. Ветрова, канд. техн. наук, доц. Н. В. Клюева
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАМНО-СТЕРЖНЕВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ

В разработанных за последнее время нормативных рекомендациях по проектированию каркасов многоэтажных зданий, например [1], в дополнение к традиционному расчету по предельным состояниям первой и второй групп предлагается вводить новый элемент расчета на внезапное выключение несущих конструкций, их отдельных узлов или сечений. Причинами отказа могут выступать как воздействия непредусмотренные условиями нормальной эксплуатации конструкций и соответственно эволюционное накопление повреждений, так грубые ошибки при проектировании и возведении зданий, включая и возможные воздействия террористического характера.

Расчет конструкций в такой постановке может быть выполнен с применением расчетных схем, учитывающих видоизменение конструктивной системы при выключении связей, т.е. как конструктивно нелинейных систем. Для железобетонных конструкций такой расчет требует по существу учета двойной нелинейности – конструктивной и традиционно учитываемой физической. Основной целью такого расчета является защита конструктивных систем от прогрессирующих обрушений за счет создания адаптационных конструктивных систем, предотвращающих лавинообразное обрушение. Есть основания считать, что в ближайшем будущем эти вопросы будут объектом исследований различного типа конструкций, и, надо полагать, найдут отражение в создаваемых нормативных документах нового поколения.

Для экспериментальных исследований конструкций в такой постановке были запроектированы две конструктивные системы. Каждая из них включала три сборных стойки и два сборных ригеля, объединенных закладными деталями и замоноличиванием стыков в двухпролетную сборно-монолитную раму (рис. 1).

Для физического моделирования эволюционно поврежденных конструкций сечения ригелей рамы выполнены слоистыми из бетонов разной прочности В10, В20, В35 с толщиной каждого слоя 40 мм [2]. Целесообразность использования структуры слоистого сечения подтверждается тем, что его структура практически в точности соответствует теоретическим моделям, предложенным для моделирования эволюционно поврежденной конструкций средовыми воздействиями, например, рассмотренным в работе [3].

Стойки рам изготовлены из бетона класса В35. Замоноличивание швов при сборке рамы выполнено бетоном класса В 35.

Армирование сборных ригелей принято в виде плоских сварных каркасов КР-1 с рабочей арматурой диаметром 5 мм класса А400 (для образцов первой серии) и диаметром 4 мм класса В500 (для второй серии). Поперечная арматура запроектирована из проволоки диаметром 1,5 мм с шагом 60 мм (см. рис. 1, а). Стойки армированы плоскими сварными каркасами Кр-2 с рабочей арматурой 8 мм класса А400. На приопорных участках балок установлены закладные детали из листовой стали толщиной 8 мм, приваренные к рабочим стержням.

Для моделирования запроектного воздействия, путем внезапного выключения одной из связей, соединительные элементы сборной рамы выполнены в виде прокалброванных закладных деталей, состоящих из двух металлических пластин переменного сечения, соединенных сварным швом.

Параллельно с изготовлением основных образцов были изготовлены вспомогательные бетонные кубы и призмы, предназначенные для получения фактических прочностных и деформационных характеристик бетона на момент испытаний.

Испытание рам производилось на специальном стенде, включающем опорные устройства, рычажную систему с нагрузочными и распределительными устройствами, платформой и штучными грузами (рис. 1,б.). Более полная информация о методике испытаний и характеристиках опытных образцов приведена в работе [2].

До проектной нагрузки рамы нагружались двумя сосредоточенными силами в середине каждого пролета. Запроектная нагрузка в виде внезапного выключения моментной связи в зоне соединения левой стойки и ригеля осуществлялась в результате хрупкого разрыва по сварному шву прокалиброванного соединительного элемента от растягивающего усилия, действующего в этом элементе, при приложении к раме определенной расчетом проектной нагрузки.

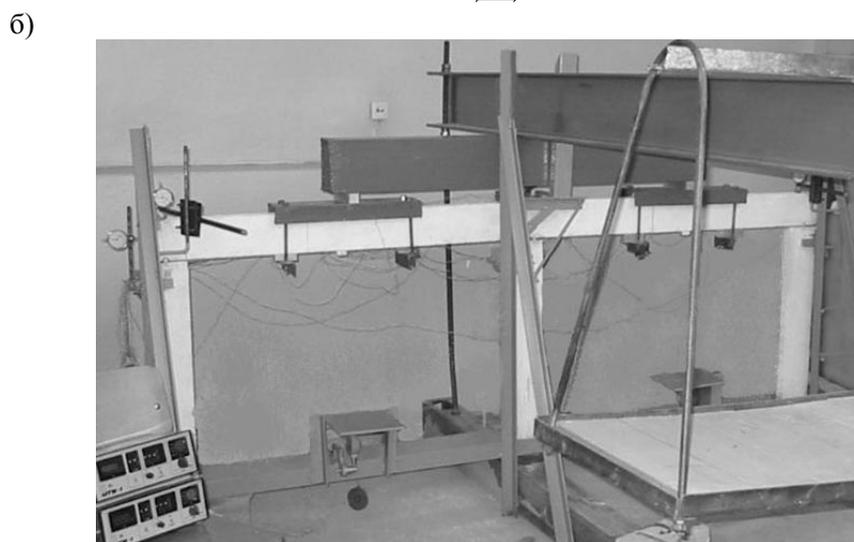
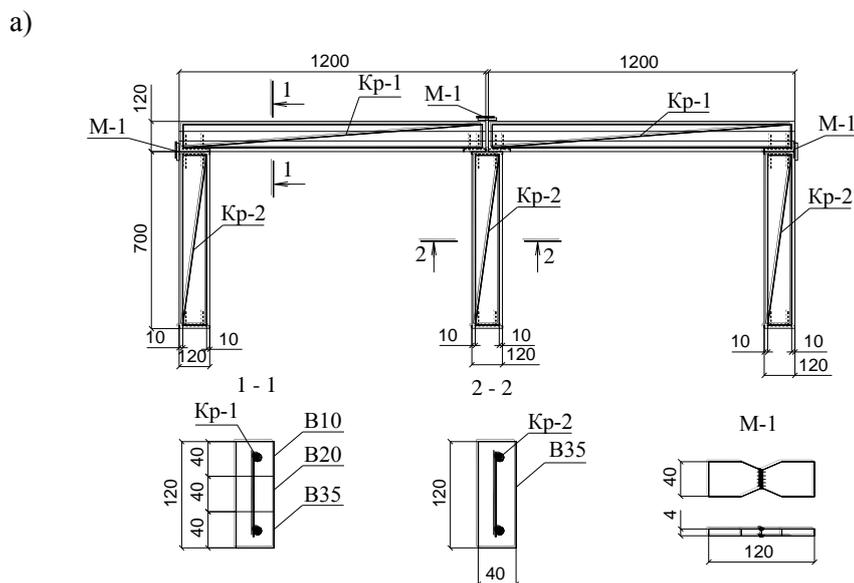


Рис. 1. Схема армирования опытных образцов рамы (а) и общий вид испытаний (б)

В процессе испытаний измерялись продольные деформации соединительных элементов, сжатого и растянутого бетона, перемещения элементов рамы, нагрузка трещинообразования и ширина раскрытия трещин при проектной и запроектной нагрузках; определялся характер разрушения конструкции от воздействия внезапно приложенной запроектной нагрузки. Всплеск перемещений в пролетах рамы при этом воздействии фиксировался также записью показаний прогибомеров на цифровую видеокамеру.

В основу расчета рассматриваемой конструктивной системы с внезапно выключающимися связями положена теория деформирования железобетонных конструкций, изложенная в монографии [4]. С использованием этой теории был разработан алгоритм расчета физически и конструктивно нелинейных рамно-стержневых систем. Основу этого алгоритма составляет квазистатический метод определения динамических усилий в элементах рамы при внезапных догрузениях и смешанный метод их расчета анализа деформирования конструктивных систем с внезапно выключающимися связями [5]. Кроме того, для сопоставления с расчетом по предложенному алгоритму и оценки эффективности этого расчетного аппарата, рассматриваемые системы были также рассчитаны с использованием программного комплекса SCAD.

Первая конструктивная система была рассчитана и заармирована таким образом, чтобы при нагружении всех её пролетов проектной нагрузкой, в виде сосредоточенных сил и внезапном выключении моментной связи в узле сопряжения левой стойки и ригеля, произошло локальное разрушение только первого пролета рамы. Вторая конструктивная система была рассчитана таким образом, чтобы при этих же нагрузках произошло лавинообразное разрушение обоих ригелей рамы.

При заданных размерах и армировании опытных конструкций рам расчетная диаграмма «М- α » для пролетного сечения имеет вид, показанный на рис. 2.

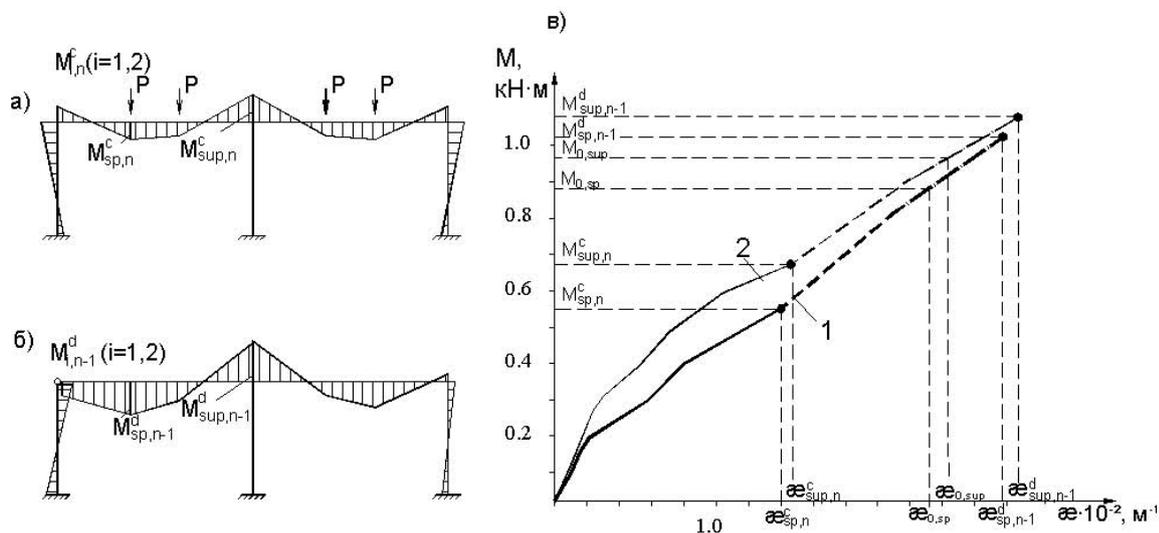


Рис. 2. Эпюры моментов от проектного (а) и запроектного (б) воздействий; диаграммы «М- α » для пролетного (кривая 1) и опорного (кривая 2) сечений рамы первой серии

В результате хрупкого разрыва сварного шва соединительного элемента узла сопряжения левой стойки и ригеля возникают затухающие во времени колебания оставшихся не разрушенными частей рамы. Изгибающие моменты и соответственно кривизны в ригелях и стойках в течении первого полу периода их колебаний превышают соответствующие моменты и кривизны, если бы переход n раз статически неопределимой в $n-1$ раз статически неопределимую раму осуществлялся не в результате мгновенного разрушения узла сопряжения, а путем его медленной принудительной разгрузки от значения действующего в опорном сечении момента $M_{sup,n}^c$ до его нулевого значения. Коэффициент θ , равный, согласно [4], отношению $\alpha_{n-1}^c/\alpha_n^c$ и вычисленный с учетом перераспределения усилий в рассматриваемой нелинейно деформируемой раме для первого пролета составил 1,59.

По этому значению коэффициента θ , используя уравнение (3.23) работы [4], вычислена динамическая кривизна в рассматриваемом сечении. Из рис. 2, в видно, что значение этой кривизны α^0 существенно больше предельного значения кривизны для этого же сечения $\alpha_0 = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^{-1}$. Следовательно, при рассматриваемом запроектном воздействии ригель первого пролета рамы разрушится. Аналогичным образом определены значения динамических кривизн в других пролетных и опорных сечениях ригелей рамы. Эти данные были использованы для анализа результатов экспериментальных исследований опытных конструкций.

Анализ полученных опытных значений деформаций в элементах обеих конструктивных систем позволяет отметить следующее.

В процессе нагружения рам до уровня проектной нагрузки четко прослеживались описываемые деформационными моделями, например [6], стадии ее упругого и упруго-пластического деформирования. В результате нагружения проектной статической нагрузкой были получены опытные диаграммы «М - α », использованные затем для вычисления значений коэффициента θ . Соотношение опорных реакций и нагрузки подтвердило, что распределение опорных и пролетных моментов до появления трещин согласуется с расчетом упругой системы. С появлением трещин рост опорного момента замедлялся, а рост пролетных моментов ускорялся. При дальнейшем нагружении рамы появлялись трещины в пролетном сечении первого, а затем и второго пролетов (рис. 3,а).

а)

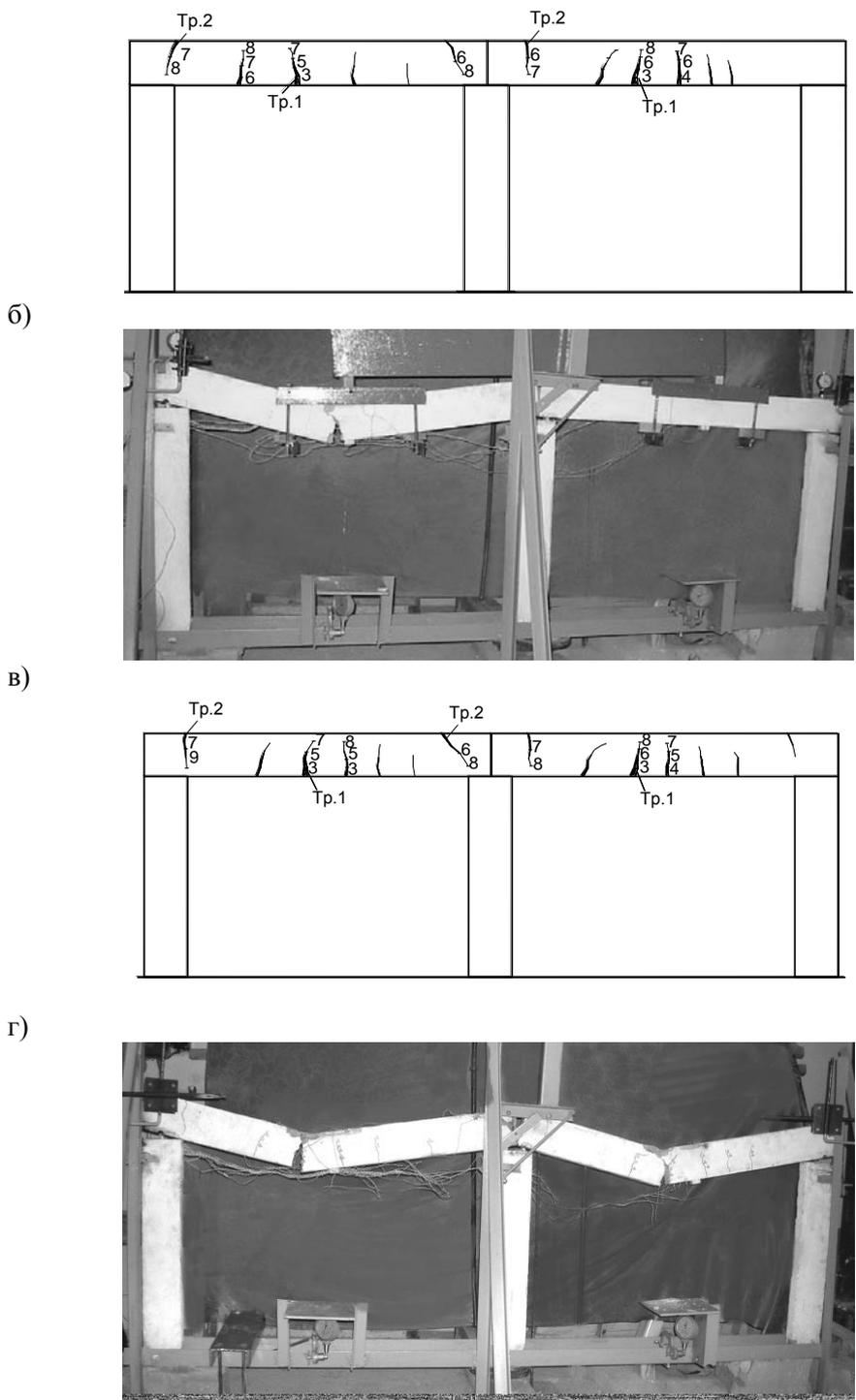


Рис. 3. Схемы трещинообразования в опытных конструкциях первой (а) и второй (в) серии и картина их разрушения после запроектного воздействия (б, г), соответственно

При первом нагружении опытной рамы запроектным воздействием были выявлены динамические приращения перемещений и деформаций в сечениях элементов рамы. Численные значения приращений этих величин значительно превышали перемещения и деформации, которые возникли бы в сечения рамы, если бы переход n раз статически неопределимой в $n-1$ раз статически неопределимую раму осуществлялся путем медленной принудительной разгрузки сечения узла сопряжения левой стойки и ригеля от действующего в нем момента до нулевого значения. Величина указанного превышения для перемещения составила 1,74, а для деформаций – 1,67 раза. При первом нагружении рамы запроектной нагрузкой статическая нагрузка была принята $P = 0,8 P_{cr}$. В результате запроектного воздействия в среднем сечении первого пролета рамы образовались трещины. Момент в пролетном сечении M^0 , возникший в результате внезапного запроектного воздействия, был в 1,45 раз

больше момента трещинообразования в том же сечении. Это явилось одним из подтверждений наличия динамического эффекта в оставшихся не разрушенными частях рамы при хрупком выключении моментной связи.

При повторном нагружении опытных конструкций запроектной нагрузкой помимо подтверждения качественной стороны описанного процесса их деформирования получены и количественные характеристики исследуемого явления. Установлено, что при более высоком уровне нагружения балок проектной нагрузкой, когда в конструкциях имеют место неупругие деформации и трещины, динамический коэффициент, равный отношению M_d/M_c , заметно снижается. Так, если при первом запроектном нагружении (до появления трещин) опытное значение этого коэффициента составило 1,73, то при втором нагружении – 1,51.

Таблица 1

Ширина раскрытия нормальных и наклонных трещин в первой конструктивной системе

Нагрузка		Ширина раскрытия трещин (a_{cr} , мм) для пролета		Ширина раскрытия трещин (a_{cr} , мм) для опорного сечения над средней стойкой	
		1-го	2-го	1-го	2-го
Проектная, P_p , кН	Запроектная M , кН·м				
0,78	-	-	-	-	-
1,03	-	0,05	-	-	-
1,26	-	0,07	0,05	-	-
1,51	-	0,1	0,08	-	0,05
1,75	-	0,13	0,1	0,05	0,1
1,98	-	0,18	0,15	0,1	0,15
2,21	-	0,2	0,15	0,15	0,2
2,4	-	0,3	0,2	0,2	0,25
-	1,06		0,25	0,2	0,3

Измерениями ширины раскрытия трещин в ригелях до и после запроектного воздействия установлено как увеличение этих параметров в отдельных сечениях, так и интегральный результат накопления повреждений в опытной конструкции при запроектном воздействии. Полученные опытные данные о приращениях ширины раскрытия трещин в опытных рамах также подтвердили наличие динамического эффекта в конструкции при мгновенном разрушении отдельных её частей от внезапного динамического догружения. В тоже время количественные значения приращений ширины раскрытия трещин от запроектного воздействия оказались значительно меньшими, чем приращений прогибов. Причиной этого явилось, по-видимому, с одной стороны, запаздывание во времени процесса образования и раскрытия трещин при мгновенном действии запроектной нагрузки, с другой – частичное закрытие трещин при затухании динамического эффекта от запроектной нагрузки (в последней строке таблицы 1 приведены остаточные значения ширины раскрытия).

Анализ разрушения двух опытных рам показал следующее. В первой конструктивной системе произошло мгновенное хрупкое разрушение первого пролета (рис.3,б), что полностью согласуется с расчетной схемой разрушения. Во второй конструктивной системе произошло разрушение ригелей первого и второго пролетов (рис.3, г), что также согласуется с расчетными данными по методике [5].

Результаты экспериментальных исследований опытных конструкций при воздействии внезапно приложенной запроектной нагрузки позволяют отметить, что предлагаемый расчетный аппарат по основным показателям дает возможность выполнять анализ деформирования и разрушения железобетонных рамно-стержневых конструкций.

Литература

1. «Рекомендации по защите жилых каркасных зданий при чрезвычайных ситуациях». М., 2002.
2. Ветрова О.А. К разработке методики экспериментальных исследований эволюционно и внезапно повреждаемых рамно-стержневых железобетонных конструкций в запредельных состояниях /

О.А. Ветрова, В.И. Колчунов // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». – Орел: ОрелГТУ, 2005. – № 1. – С. 9-13

3. Бондаренко В.М. Остаточный ресурс силового сопротивления поврежденного железобетона / В.М. Бондаренко, В.И. Римшин // Вестник РААСН, вып. 9, 2005.- С.119-126.

4. Гениев Г.А. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях: Научное издание / Г.А. Гениев, Н.В. Ключева, А.И. Никулин, К.П. Пятикрестовский. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 216 с.

5. Ключева Н.В. Алгоритм расчета рамно-стержневых конструкций с внезапно выключающимися связями / Н.В. Ключева, О.А. Ветрова, Н.Б. Андросова // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». – Орел: ОрелГТУ, 2005. – № 3-4 (7-8). – С. 32-41.

6. Бондаренко В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона: Монография./ В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. – М.: Издательство АСВ, 2004.- 472 с.

УДК 725.4: 504

*Канд. арх., доц. Л. А. Волкова
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел*

ЭКОРЕАБИЛИТАЦИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Города как среда обитания человека сегодня вызывают большую тревогу. Накопившиеся экономические и социальные проблемы усугубляются все более ухудшающейся экологической обстановкой. У каждого десятого города Российской Федерации уровень загрязнения городской среды значительно превышает предельно допустимый.

По утверждению Алексея Яблокова, президента Центра экологической политики, ежегодно по экологическим причинам в России умирает более 300 тыс. человек.

Несмотря на сокращение производства антропогенное давление на окружающую среду возрастает. Положение осложняется тем, что сокращается, как правило, безвредное высокотехнологическое производство, а развиваются сырьевые отрасли, наиболее опасные с экологической точки зрения – добыча нефти, газа, калийных солей и апатитов, черная металлургия, производство алюминия, меди, олова, цинка, никеля, минеральных удобрений.

Наибольшая часть выбросов в атмосферу приходится на металлургию – 38 % (цветная – 23 %, черная – 16 %), далее следует электроэнергетика – 25 %, нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая отрасль – 11 % [1].

Многие из перечисленных производств расположены в городах или в непосредственной близости от них. Экологическая обстановка в городах осложняется и постоянным увеличением автотранспорта.

Несмотря на многочисленные усилия специалистов, направленные на сокращения вредных выбросов в окружающую среду, промышленные предприятия, продолжают играть значительную роль в общем экологическом неблагополучии городской среды.

Изучение экологических проблем в городе говорит о том, что промышленные комплексы представляют собой экосистемы, но особого свойства, требующие устойчивых биологических взаимосвязей всех компонентов, поэтому на всех стадиях формирования промышленного производства необходимо учитывать экологические факторы.

В этой связи архитектор и инженер-строитель как основные участники процесса создания среды жизнедеятельности человека, еще до начала проектирования и строительства промышленных зданий и сооружений, должны представлять и прогнозировать как будет взаимодействовать промышленные объекты с существующей городской и естественной природной средой.

Прежде всего, необходимо исследовать весь комплекс воздействий на городскую среду, в том числе, воздействий промышленных предприятий, как одних из основных источников неблагоприятия современных городов.

В ходе анализа причин экологического неблагоприятия городов и поиска путей решения задач по оздоровлению окружающей городской среды авторами проанализированы и собраны по иерархическому принципу основные факторы, влияющие на экологическое состояние городской среды. Разработана схема, отражающая влияние двух групп основных факторов - природно-климатических и антропогенных. Каждая группа в свою очередь, подразделяется на ряд взаимодействующих подгрупп факторов: природно-климатическая - на природную и климатическую, антропогенная - градостроительные, технологические и архитектурно-строительные решения предприятий, зданий, сооружений и их комплексов. Эти подгруппы факторов можно подразделить на микрогруппы следующего уровня и т.д.

Схема основных факторов представляет своего рода динамичную модель, где каждый элемент (фактор) имеет свой собственный характер и степень воздействия, а весь комплекс факторов определяет формирование общего экологического состояния городской среды. Конечная цель такого моделирования - возможность регулирования степени воздействия отдельных факторов для достижения наиболее рационального и равновесного воздействия на городскую среду всех факторов в целом, обеспечивающего устойчивое развитие городской экосистемы.

Взаимное влияние природно-климатических и антропогенных факторов весьма велико, однако главное их различие заключается в том, что природная составляющая городской среды при активном воздействии на нее антропогенных факторов утрачивает способность к саморегуляции. Антропогенные факторы, воздействуя на окружающую городскую среду, одновременно и формируют ее. От характера этого формирования, то есть грамотных и продуманных с точки зрения экологической безопасности решений во многом зависит экологическое благополучие города. При этом, только совместное и взаимосвязанное применение рациональных градостроительных, архитектурно-планировочных и объемно-пространственных решений и технических и технологических средств обеспечивает достижение экологического равновесия производственных и окружающих их городских пространств.

Проведенные в ЦНИИПромзданий и ОрелГТУ исследования позволили авторам разработать комплекс принципов и научно-обоснованных рекомендаций по формированию архитектурно-строительных решений промышленных предприятий, направленных на реабилитацию городской среды.

Весь комплекс принципов содержит три основных блока: I - принципы градостроительного размещения промышленных предприятий в городе с учетом современных экологических требований; II – принципы совершенствования генеральных планов промышленных предприятий с учетом современных экологических требований; III – принципы формирования объемно-планировочных решений производственных зданий, удовлетворяющих современным экологическим требованиям.

В пакет принципов целесообразного размещения предприятий в городе с учетом современных экологических требований вошли:

- *принцип размещения промышленных предприятий на основе градоэкологического зонирования территории города;*
- *принцип рационального размещения предприятий, исходя из их градостроительной концепции и санитарной характеристики;*
- *принцип размещения предприятий в планировочной структуре города с учетом рельефных условий;*
- *принцип размещения предприятий с учетом характера застройки города;*
 - *принцип размещения предприятий из условий оптимальных городских транспортных связей;*
- *принцип размещения предприятий с учетом создания оптимальных условий зрительного восприятия.*

В комплекс принципов совершенствования архитектурно-строительных решений генеральных планов промышленных предприятий с учетом современных экологических требований включены:

- принцип экологического зонирования территории предприятия;
- принцип оптимизации микроклиматических условий на промышленной площадке и прилегающих территориях архитектурно-строительными средствами;
- принцип сокращения территории застройки предприятия, как важнейшего природного ресурса экосистемы «предприятие–город»;
- принцип озеленения промышленных территорий, как элемента общей экосистемы «предприятие – город»;
- принцип совершенствования визуальных качеств среды промышленного предприятия.

Комплекс сформулированных принципов формирования рациональной объемно-планировочной структуры производственных зданий, удовлетворяющих условиям обеспечения экологичности внутренней среды здания и экологической устойчивости окружающей среды, содержит:

- принцип компактности объемно-планировочной структуры здания, обеспечивающий максимальное сокращение территории застройки, экономное расходование энергетических и строительных ресурсов при возведении и эксплуатации производственного здания;
- принцип универсальности и гибкости объемно-планировочного решения производственного здания, предусматривающий пространственную организацию производственных зданий нового поколения с учетом экологических требований снижения ресурсо- и энергоемкости зданий, сохранения и рационального использования городских земель;
- принцип рационального решения профиля производственных зданий, обеспечивающий улучшение режима воздухообмена, температурно-влажностных условий и освещенности с учетом особенностей технологического процесса, климатических условий района строительства с помощью устройства, например, крутоуклонных кровель, рационального решения аэрационных фонарей и др.;
- принцип энергосбережения, определяющий формирование объемно-планировочных структур производственных зданий на основе энергоэкономичных архитектурно-строительных решений и энергоактивных структур с использованием нетрадиционных видов энергии;
- принцип повышения комфортности внутренней среды с позиции требований видеоэкологии, предусматривающий применение наиболее эффективных приемов и средств архитектурно-художественной выразительности внутренней среды, позволяющих избежать появления неблагоприятных агрессивных¹ и гомогенных² визуальных полей.

¹ Агрессивные визуальные поля – поверхности, на которых рассредоточено большое число одних и тех же элементов.

² Гомогенные визуальные поля = поверхности, на которых либо совсем отсутствуют видимые элементы, либо число минимально [2].

В целях апробации сформулированных принципов в практике проектирования было принято решение реализовать их в проектах реконструкции промышленных предприятий города Орла с типичным для среднего промышленно развитого города России набором отраслей промышленности.

В настоящее время Орел не входит в «черный список» экологически неблагополучных городов, но он достаточно близок к обострению экологической ситуации. По данным Управления по охране окружающей среды и природных ресурсов Орловской области в городе наблюдается превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по целому ряду ингредиентов. В частности, в водном бассейне превышение ПДК по азоту аммонийному в отдельных случаях составляют десятки раз.

Комплексное изучение негативных воздействий промышленного производства на окружающую среду показывает, что сложившаяся неблагоприятная обстановка определяется во многом недостатками архитектурно-строительных решений предприятий, зданий и сооружений, не учитывающих в должной мере современных экологических требований.

Анализ исторически сложившегося генерального плана города Орла, в частности его промышленных территорий, говорит о том, что он не удовлетворяет экологическим требованиям. Так, например, тяжелая экологическая обстановка наблюдается в центральной части Железнодорожного района. Здесь жилая застройка оказалась в полукольцевом окружении железнодорожного узла и протяженной промышленной застройки.

Следует отметить, что большинство производственных территорий города являются сегодня самыми неэффективно используемыми, беспорядочно застроенными и экологически опасными территориями города. В связи с этим возрастает необходимость разработки комплекса мероприятий по реконструкции производственной среды города на основе рациональных решений с точки зрения экологических требований.

В соответствии с установленным уровнем и характером загрязнения, состоянием экологических характеристик промышленных зон и окружающих городских территорий наиболее целесообразными, по нашему мнению, являются следующие мероприятия:

- организация вдоль железнодорожного полотна в восточной части Медведевской промзоны санитарно-защитной зоны с планировкой зеленых насаждений в виде лесопосадок, эффективно защищающих жилую зону от источников шума, - возможности организации такой СЗЗ имеются;
- проведение работ по реконструкции части производственного амортизированного фонда заводов «Автосельмаш» и «Орелсельстройконструкция», а также ликвидация малодеятельных погрузочно-разгрузочных фронтов и складских зон этих заводов с последующим озеленением освободившихся территорий устойчивыми к антропогенным нагрузкам насаждениями;

- осуществление мероприятий по сокращению территории застройки предприятий, в частности машиностроительного завода им. Медведова. Рекомендуется ликвидировать группу объектов одноэтажной ветхой застройки, с последующим возведением сборочного корпуса, сблокированного с заготовительно-штамповочным цехом. Рациональное блокирование и ликвидация изношенных объектов даст увеличение плотности застройки с 42 до 57% (19 объектов вместо 25);

- ликвидация части железнодорожных путей и организация автомобильного грузового транспорта с южной стороны Медведовской промзоны и вдоль береговой части р. Оки с последующей организацией санитарно-защитной зоны и принятием срочных мер по охране реки от загрязнения;

- улучшение визуального качества стыковых зон подавляющего большинства заводов путем уменьшения на фасадах заводских корпусов гомогенных и агрессивных визуальных полей, используя решения с более выразительными формами и линиями, вводя дополнительные цветовые и световые акценты, элементы природного ландшафта, смягчающих любые пространственные несоответствия промышленной и жилой застройки и др. [3].

Предлагаемые решения архитектурно-строительной реконструкции ряда промышленных территорий и предприятий г. Орла позволяют достигнуть ощутимого экологического эффекта, в частности: высвобождение городской территории под объекты социальной сферы и жилья для рекреационных территории и др. – порядка 11 га; сокращение объемов токсичной пыли и устранение скопления отходов; увеличение площади фитоценоза на 6,7 га и др.

Автор выражает надежду, что разработанные предложения, направленные на защиту окружающей среды и предупреждение ее загрязнения, могут стать фундаментом для реабилитации среды и дальнейшего развития экологически безопасной промышленности в городе.

Литература

1. Кононов Н.В. Среда окружает/ Н.В. Кононов, С. И. Лесков// Известия. – 2003, 5 апреля.
2. Филин В.А. Видеоэкология. М.: ТАСС – Реклама, 2001.
3. Истомин Б.С. Формирование архитектуры промышленных предприятий, зданий и сооружений в городе и видеоэкология / Б.С. Истомин, Л.А. Волкова // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений: Материалы межвузовского сб. научн. трудов.– М.: Изд-во АСВ, 2000. - 144 с.

УДК 728.1

*Ст. препод. И. А. Дорофеева
(Орловский государственный технический университет)
Россия, Орел*

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЭВОЛЮЦИИ ТИПОЛОГИИ СЕЛЬСКОГО ЖИЛИЩА

Административно-хозяйственная форма организации сельского хозяйства существовавшая до 1990-х годов основывалась на крупных сельскохозяйственных комплексах и аграрно-промышленных

объединениях, которые сочетали производство сельскохозяйственной продукции и ее переработку в конечный продукт.

При планировке и застройке сельских населенных пунктов отдавалось предпочтение гигантским сельскохозяйственным объектам и новым комплексам, уповая исключительно только на специализацию и концентрацию производства, при этом разрушали малые фермы, и даже уничтожали неперспективные села и деревни.

В результате трансформации централизованно управляемой экономической системы в рыночную экономическую систему исчезает общественное сельскохозяйственное производство. В ходе аграрной реформы постепенно ликвидируется государственная монополия на землю и формируется многоукладное производство.

В сфере аграрного производства на сегодняшний день имеют место коллективные сельскохозяйственные предприятия и индивидуальные хозяйства: крестьянские (фермерские) хозяйства и личные подсобные хозяйства граждан (ЛПХ).

Как показывает анализ статистических данных, в экономике нашей страны наибольшую роль играют хозяйства населения, занимающиеся производством сельскохозяйственной продукции в основном для личного потребления.

Доля продукции хозяйств населения (ЛПХ) и крестьянских (фермерских) хозяйств имеет в последние годы устойчивую тенденцию роста. Если в 1992-1995 гг. на долю с/х организаций приходилось более половины продукции сельского хозяйства, то начиная с 1997 гг. преобладающая роль стала принадлежать хозяйствам населения. В 2001 году их доля составила 56,1 %, в 2002 г. – 57,8 %, а в 2003 г. – 62,1 %, т.е. более половины [1].

Роль частного сектора в производстве отдельных видов продукции сельского хозяйства еще более велика. В 2002 г. хозяйства населения произвели подавляющую долю картофеля (93 %), овощей (81,5 %), плодов и ягод (88,8 %). Значительна их доля в производстве скота и птицы (55 %), молока (50,3 %) [1].

В Орловской области структура продукции сельского хозяйства по категориям производства показывает, что сельскими предприятиями выращено в 2000 году 43,3% продукции сельского хозяйства, хозяйствами населения – 53,2 %, а крестьянскими (фермерскими) хозяйствами – 3,5 %. Хозяйствами населения (ЛПХ) в 2003 году выращено картофеля 97,4 %, овощей 88,5 %, скота и птицы – 56,1 %, получено молока – 42,1 %, яиц – 63,7 % [2].

Таким образом, данные статистики свидетельствуют о конкурентоспособности хозяйств населения. Этот факт указывает на перспективность поддержки хозяйств населения и фермерских (крестьянских) хозяйств различной специализации.

Для подъема социально-экономического уровня жизни селян в Орловской области реализуется региональная программа «Славянские корни».

Данная программа принята в развитии Федеральной программы «Социальное развитие села до 2010 года» и направлена на развитие и укрепление индивидуальных усадеб, социальной инфраструктуры и инженерного обустройства сельских населенных пунктов [3]. Эти две программы предоставляют индивидуальному застройщику возможности для улучшения жилищных условий, т.е. финансирование строительства собственных усадебных домов, хозяйственных построек и помещений для занятий той или иной индивидуальной деятельностью, способствуют развитию социальной сферы и инженерному обустройству на селе. В основу этих программ заложен принцип возврата кредитов, выращенной на личном подворье сельскохозяйственной продукцией. Однако анализ опыта проектирования и строительства в рамках этих программ показывает, что, как правило, отсутствует комплексное архитектурное решение усадьбы в целом, не учитывается хозяйственно-производственная деятельность крестьянина. Фактически разрабатываются архитектурные решения только жилых домов.

Таким образом, строительство хозяйств населения зачастую ведется стихийно. Жилой дом, как правило, отделен от хозяйственно-производственных построек, практически не применяются инженерные системы и устройства для улавливания и использования возобновляемых источников энергии: солнца – гелиоздания, ветра, переработанной биомассы. Хотя имеются единичные примеры комплексного подхода к созданию новых структурных элементов жилой среды сельских поселений – жилищно-производственных комплексов, интегрирующих жилье и производство. Например, разработанные ФГУП «Гипронисельпром» г. Орел жилищно-производственные комплексы – дом с теплицей (рис. 1, 2).

Социально-экономические изменения в современном российском обществе: социальное расслоение, новые идеалы и ценности, перестройка экономики, привели к трансформации потребностей человека.

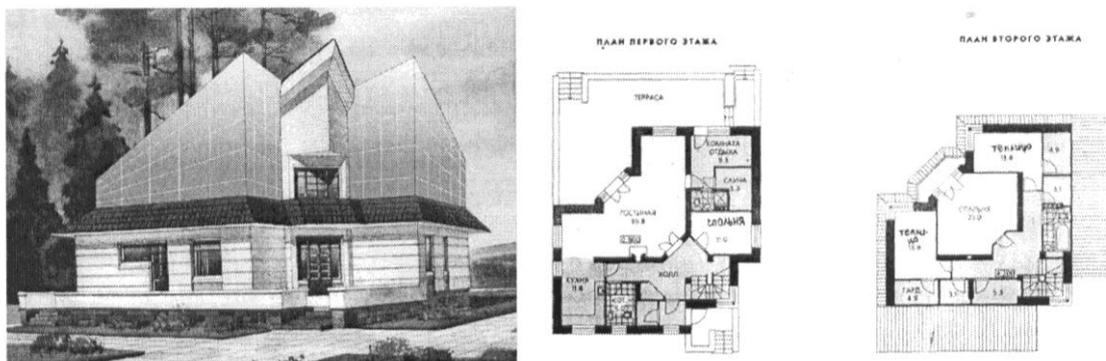


Рис. 1. Двухэтажный жилой дом с двумя теплицами

Наряду с развитием аграрных предприятий для повышения социального статуса сельских поселений требуется развитие социальной инфраструктуры. Развитие мелкого и среднего бизнеса на селе подстегнуло спрос: в сфере торговли – на небольшие торговые павильоны, магазины; в сфере питания – кафе, бистро; в сфере услуг – парикмахерские, мастерские по ремонту бытовой техники, мастерские по ремонту обуви, ателье по пошиву одежды, мастерские народных промыслов, медицинские фельдшерские пункты и аптечные киоски, частные небольшие детские сады и гостиницы [4, 5, 6]. Учреждения обслуживания малой вместимости, встроенные в жилые дома, построенные в деревне Телешово Московской области – чайная с квартирой и бытовой приемный

пункт с баней, торговый центр, включающий в себя магазин, баню, чайную и квартиры продавца и буфетчицы в селе Степаньково Тверской области являются первыми попытками интегрирования сферы услуг в жилую застройку сельских поселений.

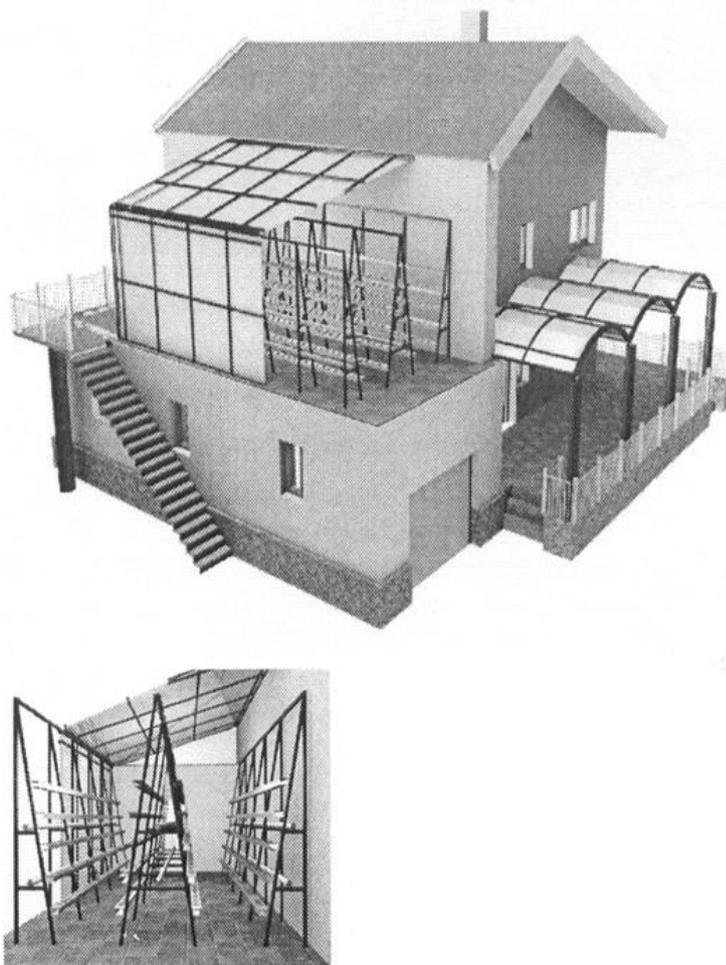


Рис. 2. Двухэтажный жилой дом с теплицей

Проекты таких индивидуальных домов, сочетающих в себе жилье и помещения для производственной деятельности, разрабатывались еще в 80 годах XX века, но не получили достаточного применения, в силу не сложившихся на тот момент социальных факторов. Одним из примеров таких интегрированных жилищно-производственных комплексов является комплекс жилой дом + пекарня + реализация (кафе + магазин) (рис. 3).

Объединение в одном архитектурно-пространственном объеме здания функций жилища и производства является традиционным для России. Народные традиции на селе складывались веками, и в процессе становления жилища лучшее и более жизнеспособное отбиралось, а все случайное

исключалось. Примерами таких крестьянских жилых комплексов в Средней полосе России, а также в Сибири, являются избы с двухрядной связью типа «кошель» и «глаголь» с одно- или двухэтажным крытым двором, с особыми функциональными связями между помещениями. Тип жилища с компактным объемом, поднятым над землей, объединяющий в единый комплекс с закрытой структурой жилые, подсобные и развитые хозяйственные помещения. Традиционный северорусский «дом-двор» содержал в своем весьма компактном объеме – жилые – избу или же несколько изб и горниц на высоком подклете, примыкающие к ним сени, связывающие жилую часть дома с развитым блоком хозяйственных и подсобных помещений – «двором», и сам этот крытый двухэтажный двор. При этом в нижнем этаже очень большого хозяйственного блока располагались, как правило, довольно обширный скотный двор с хлевами для коров, лошадей мелкого скота, а также дровяной сарай и ряд подсобных помещений. Двор был холодным. Над скотным двором размещался сарай – «поветь», где хранились крупный сельскохозяйственный инвентарь, орудия труда крестьянина, телеги, прочие необходимые в домашнее хозяйство вещи, здесь же помещался сеновал и кладовые.

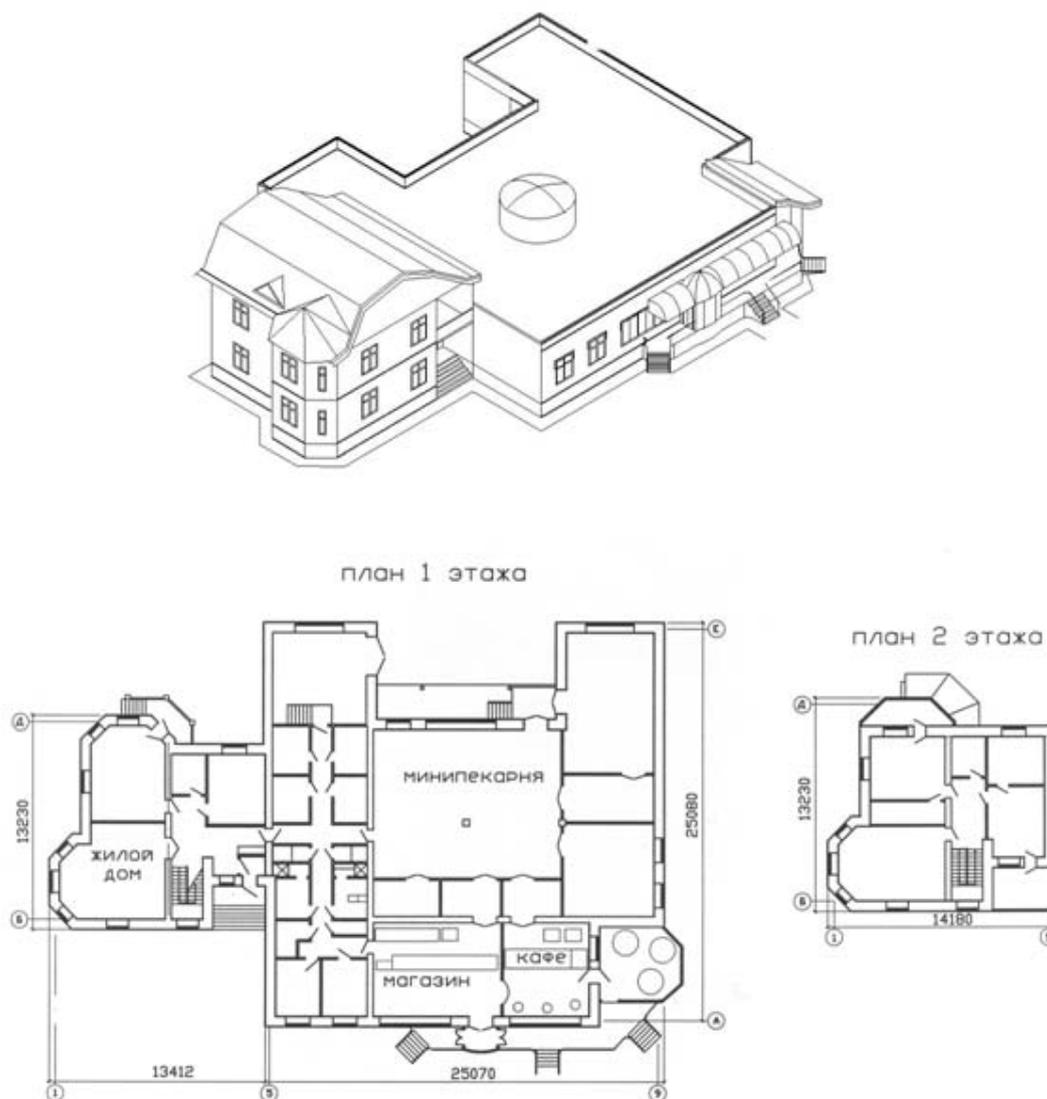


Рис. 3. Интегрированный жилищно-производственный комплекс:

жилой дом + пекарня + реализация (кафе + магазин)

Так же типичным для дореволюционной России являлось размещение в жилом доме ремесленного производства (ложкари, сапожники, портные и т.п.). Купцы часть дома отводили под устройства магазина или лавки. Сельские учителя жили, как правило, в квартире при школе. А сельский врач вел прием пациентов в лазарете, пристроенном к жилому дому. Для небольших деревень и сел такое объемно-планировочное решение для того времени являлось рациональным.

В настоящее время с появлением новых строительных материалов, инженерного оборудования и

современных технологий прежнее сельское жилище под действием социально-экономических факторов преобразуется в новый тип сельского жилища, объединяющих функции жилища и места приложения труда по разным направлениям индивидуально-трудовой деятельности.

Строительство интегрированных жилищно-производственных комплексов, соединяющие в одном объеме жилые помещения и помещения производственного назначения, как для выпуска товарного производства, так и для обслуживания населения, позволит сократить единовременные затраты на строительство зданий и устройство инженерных сетей, сократить текущие эксплуатационные затраты, повысит социальный статус человека, позволит быть сельским труженикам экономически независимыми, за счет занятия самостоятельными доходными видами деятельности (выращивание овощей или мяса на продажу, оказание бытовых услуг, занятие народными промыслами и т.п.), а значит, сохранить рабочие места. Интегрированные семейные жилищно-производственные комплексы сельских поселений активизируют внутренние ресурсы развития села. Такие комплексы улучшат качество жизни, будут способствовать привлечению и закреплению кадров на селе, созданию условий для привлечения молодежи в село и ее здорового образа жизни.

В настоящее время российскому селу следует вернуть его исконный статус кормильца, носителя духовных ценностей нации. А это возможно только на основе эффективной экономической деятельности и активной государственной политики в области социального развития села.

Литература

1. Захаров И. В. Роль малых форм хозяйствования в сельском хозяйстве и предпосылки появления сельскохозяйственных потребительских кооперативов.//Информационный бюллетень-2004 г. - № 6 г. Москва, с. 38 – 44.
 2. Сельское хозяйство Орловской области //Статистический сборник № 1201, Орел – 2004 г., 184 с.
 3. Региональная целевая программа «Славянские корни»
 4. Ферапонтова Ю. В. Обновление подмосковного села. Опыт усадебного строительства.– Изд. Московский рабочий, 1984. - 254 с.
 5. Отчет о НИР. Проведение научных исследований и разработка многофункциональных жилищ для сельской местности с безопасной экологически чистой средой обитания из вновь разрабатываемых материалов, создаваемых на основе местного природного сырья. Часть 1. Часть 2. – Орел: Гипронисельпром, 2004 г. /автор является членом авторского коллектива/.
 6. Архитектура русского села / Ауров В. В., Дыховичный Ю. А., Ефимов А. В., Кудрявцев А. П., Лежава И. Г., Мамлеев О. Р., Некрасов А. Б., Подольский В. И., Санкина Л. Л., Степанов А. В., Тальковский В. Г., Швидковский Д.О., Щенков А. С. – М.: Изд-во «Архитектура-С». – 2005. – 208 с.
 7. Прохоренко А. Северный дом – комплекс // Сельское строительство.- 2004. - № 3-4. – С. 36-38.
-
-

УДК 624.012

*Ст. препод. Е. А. Захарова, доц. М. В. Захаров, асп. В. А. Зюзин
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел*

РЕКОНСТРУКЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПЕРВЫХ МАССОВЫХ СЕРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

В настоящее время правительство разработало программу развития строительного комплекса. Среди вопросов и задач, поставленных перед строительным комплексом, важнейшими являются строительство и реконструкция жилых зданий.

Анализ социальной ситуации в стране с обеспеченностью населения жильем, состояния жилищного строительства и существующего жилого фонда показывает, что жилищная проблема еще долго будет оставаться весьма актуальной. Существующий жилой фонд, представленный преимущественно типовыми крупнопанельными и кирпичными зданиями, запроектированными и построенными по старым нормам строительной теплотехники, неэкономичен в эксплуатации, морально и физически устарел.

В условиях рыночных отношений, одним из направлений экономного расходования земельных, материальных, энергетических ресурсов, повышения архитектурного и технико-экономического уровня является применение для жилищного строительства зданий со смешанным каркасом, в частности ширококорпусных домов нового типа с сохранением существующей базы стройиндустрии.

К настоящему времени существует несколько вариантов архитектурно-планировочных решений ШКД, проектируемых с использованием конструкций стен и перекрытий типовых серий панельных домов. В г. Орле Орловским Академцентром РААСН совместно с ОАО «Гражданпроект» разработаны и строятся два экспериментальных жилых дома с использованием панельных элементов серий 90 и 25. Известны научно-проектные предложения ШКД со смешанным каркасом рекомендуемые в качестве надстройки существующих зданий первых массовых серий.

Следует отметить, что мнение о «хрущевках» как о временном жилье ошибочно. Строились они по первой категории капитальности, предусматривающей 100—125 лет эксплуатации, так что после ремонта они простоят еще не один десяток лет.

Существует опыт строительства ШКД и зарубежом. Особенно интенсивно такие здания строятся во Франции. Причём, хотя строительство начато значительно раньше, российские аналоги их намного превосходят. Это связано с более развитой теорией ЖБ конструкций.

Что касается ближнего зарубежья, то здесь интересен опыт реконструкции зданий на Украине. Проект «Фламинго» крымские архитекторы разработали 20 лет назад. Он предусматривал реконструкцию старых двухэтажек и надстройку над ними одного - двух этажей. По периметру здания устанавливается система опор, на которой строятся новые квартиры. «Фламинго» опробовали в Симферополе - реконструировали два дома. Однако потом о проекте забыли на долгие годы. Реанимировать его собирается в Евпатории предприятие «Инваюгсервис». Строительные работы будут вестись без выселения жильцов. Планируют восстановить не только фасад зданий, но отремонтировать квартиры и заменить все коммуникационные сети в доме. За произведенные работы предприятие-подрядчик получит часть из надстроенных квартир. Выгодным этот проект считают и евпаторийские власти. Они уже выбрали для реконструкции 57 двухэтажных многоквартирных домов.

Так, возможно, уже к концу этого года в Евпатории начнется полномасштабная реконструкция старого жилья.

На основании имеющегося опыта практической реконструкции жилой застройки отдельных зданий и сооружений можно сформулировать некоторые основные задачи реконструкции строительного комплекса. Разработка схем застройки жилых районов, отдельных жилых зданий — это создание

открытых структур застройки, т.е. таких, которые позволяют застройке развиваться в рамках существующей системы без конкретной ломки, органично и поэтапно.

Среди региональных программ можно привести программу реконструкции жилого фонда в Новосибирске. Для создания более комфортных условий проживания населения, улучшения культурно - бытового обслуживания, создания жилой среды обитания, отвечающей запросам современного человека относительно повышения комфортности жилья и развития инфраструктуры, совместно с департаментом энергетики, жилищного и коммунального хозяйства разработана "Программа реконструкции и модернизации жилищного фонда города Новосибирска на 2000-2005 гг."

Учитывая недостаточность аварийного фонда и необходимость резкого увеличения объемов реконструкции, в данном регионе наиболее перспективна реконструкция без отселения. При этом возможны различные схемы:

1. В кварталах с плотной застройкой, где по архитектурно - градостроительным соображениям невозможно значительное повышение этажности, реконструкция может быть ограничена капитальным ремонтом с сооружением эркеров, лоджий и мансардных этажей.

2. В кварталах менее плотной застройки, где имеется возможность расширения существующих корпусов, может быть использована смешанная система каркасно-панельной застройки с пристройкой и надстройкой дополнительных объемов.

3. При возможности радикальной надстройки до 12-16 и более этажей использовать метод "фламинго", когда надстраиваемая часть не передает нагрузки на существующую.

4. Смешанный вариант — часть надстраиваемого здания опирается на самостоятельные опоры, часть — на уже существующее здание. Примером является осуществляемый в Новосибирске проект реконструкции жилого дома № 40 по ул. Октябрьской. Над 4-этажным существующим домом возведены два этажа и мансарда.

Реконструкция осуществляется без отселения жильцов и без привлечения бюджетных средств. При реконструкции дома на практике реализован принцип теплоснабжения надстраиваемой части за счет экономии тепла при утеплении существующей. Кроме облицовки фасадов минераловатными плитами, нами внедряется экономичная технология третьего остекления существующих окон без замены оконных коробок (разумеется, там, где они в хорошем состоянии), ставится новый бойлер.

Осуществлены нестандартные технические решения по усилению грунтов основания как прямыми, так и наклонными сваями — система вертикальных колонн, установленных на консолях буронабивных свай и с помощью скользящего шарнира прикрепленных к стенам, обеспечивает эффект обоймы и меняет расчетно-конструктивную схему наружных стен, что исключает дальнейшие их деформации и трещинообразование. При этом масса надстраиваемого здания увеличивает этот эффект. Для усиления внутренней центральной стены использована технология горизонтального прокола. Разработаны и внедрены технические решения по устройству перекрытия под существующей кровлей с изменением стропильной системы с оригинальной системой включения лежней в работу. Впервые в Новосибирске сооружаются наружные приставные лифты. В условиях недостаточной несущей способности фундаментов и наружных несущих стен для восприятия дополнительных нагрузок предложены следующие технические решения:

1. Передача нагрузок от надстраиваемых этажей осуществлена через металлические колонны по наружному периметру здания на собственные, не зависящие от существующего здания фундаменты.

2. По верху наружных несущих стен для обеспечения пространственной жесткости и устойчивости здания, а также в целях безопасности работ над чердачным перекрытием выполнено монолитное железобетонное перекрытие по металлическим балкам и монолитный железобетонный пояс.

3. Заменены системы инженерных коммуникаций. Таким образом, данный опыт реконструкции зданий с надстройкой (пристройкой) дополнительных объемов стал тем решением, которое отвечает современным условиям обновления и модернизации зданий старой застройки и жилой среды.

При увеличении сложности технических решений экономятся материальные, энергетические и людские ресурсы, уменьшается объем капитальных единовременных вложений и длительность строительства.

Опыт первой реконструкции без отселения показал, что строители не готовы работать без стройплощадки, в условиях проживания людей и повышенных требований к технике безопасности и культуре проведения работ. Экономическая эффективность реконструкции обусловлена снижением стоимости строительства за счет исключения необходимости землеотвода, устройства фундаментов, подводки коммуникаций, строительства инфраструктуры.

Сегодня реконструкция рассматривается комплексно как группа программ, направленных на повышение надежности и долговечности, комфортабельности, социальной защищенности и экономичности обслуживания жилищного фонда города. В рамках программы, РААСН выполнена работа "Разработка на базе системного подхода научно-технических основ реконструкции и надстройки жилых зданий", в которой обоснованы основные направления модернизации и реконструкции жилых домов массовой застройки. Эта программа основывается на комплексном решении градостроительных, архитектурных, экологических, социально-бытовых, экономических, конструктивных и инженерных аспектов проблемы с ориентацией на человека, создание для него комфортной среды проживания. При этом концепция базируется на следующих основных положениях. Объектом реконструкции является не отдельный жилой дом или группа, а жилое образование в целом (квартал, микрорайон и т.п.) включая его территорию, застройку, транспортные и инженерные сети, благоустройство, социальную инфраструктуру. Реконструкция жилищного фонда должна проводиться с обязательным повышением потребительских качеств жилища, в том числе за счет увеличения жизненного цикла домов на 35-40 лет; переоборудования и перепланировки квартир с целью повышения их комфортабельности; снижения эксплуатационных затрат на отопление на весь период жизненного цикла домов на 30-40% за счет повышения теплозащитных качеств ограждающих конструкций и создания домов с широким корпусом путем пристройки дополнительного пролета (до 18-20 м). Проекты реконструкции застройки городских участков, кварталов и микрорайонов должны учитывать современные требования градостроительной политики: увеличение плотности жилой застройки; создание новой номенклатуры объектов социально-бытовой инфраструктуры жилых массивов; соблюдение норм экологической безопасности; соблюдение карты инсоляции, освещенности зданий; придание градостроительному и архитектурному облику застройки индивидуальной выразительности, присущей данному региону, городу и местности.

Однако при реконструкции возникает другая проблема — правовое регулирование реконструкции. Проводимая приватизация жилья не может быть закончена, т.к. собственники квартир не являются собственниками дома. Складывается ситуация, когда все квартиры дома приватизированы жильцами, а собственником дома является балансодержатель. Таким образом, при проведении определенных мероприятий по дому собственники жилья могут занимать позицию, не совпадающую с позицией балансодержателя. Опыт массовой реконструкции имеют практически все страны, и практика подтверждает целесообразность постоянного взаимодействия с жильцами при разработке и принятии решений по модернизации и реконструкции жилья. В данный момент необходимы разработка и утверждение на местном уровне нормативно-правовых документов, регламентирующих и регулирующих права и обязанности владельцев квартир, домов и т.д.

Для оценки проекта инвестиционная деятельность делится на два этапа:

I Этап - высокодоходный проект с коротким сроком окупаемости - надстройка этажей тип «Фламинго», используется для привлечения внебюджетных средств для реализации комплексной реконструкции данного дома. Этот этап предусматривает инвестиции в строительство этажей, с последующей продажей новых квартир.

II - Этап предусматривает реконструкцию трансформаторной подстанции, ремонт и модернизацию внутренних сетей, устройство индивидуального теплового пункта в здании, благоустройство здания и прилегающей территории. Эти мероприятия проводятся за счёт городского бюджета и отчислений инвестора за право надстройки. Возврат средств происходит за счёт снижения эксплуатационных расходов на содержание здания и повышения теплотехнических характеристик здания.

Эффективность проекта заключается в следующем:

1. Проект требует сравнительно небольшой для отрасли капитального строительства объём инвестиций. Более того, у подобных проектов, он может быть снижен за счёт привлечения средств жителей дома, желающих улучшить свои жилищные условия на этапе проектирования;
2. На практике возврат инвестиций происходит не в конце реализации проекта, а на стадии строительства, т.е. такие проекты имеют запас повышения рентабельности (эффективности);

3. Данный показатель указывает на высокую рентабельность проекта и большой запас прочности - ВНД, практически в три раза превышает рассматриваемый процент дисконта;
4. Данный показатель также показывает высокую эффективность вложений в данный проект;
5. Если индекс доходности выше единицы, то можно сделать вывод о рентабельности проекта;
6. Срок окупаемости достаточно короткий.

Анализ полученных показателей показывает высокую рентабельность проекта при сравнительно коротком сроке оборота средств и их небольшом объеме. Более того, фактический возврат средств будет в большем объеме, что повлияет на все показатели оценки эффективности данного проекта в сторону улучшения. Так в этом расчёте рассматривался возврат средств только за счёт снижения затрат на отопление. Однако затраты на отопление здания составляют около 50% процентов общих эксплуатационных затрат на содержание здания.

Другие источники дохода:

- экономия трудозатрат в год на содержание рассматриваемого здания, на пример, по оценки КГА составят около 10 % от вложенных бюджетных средств;
- при реализации похожих проектов надо также учитывать увеличение налогооблагаемой базы, за счёт получения дополнительной жилой площади;
- учёт потребления воды и т.д.

Учитывая все показатели можно с высокой долей вероятности утверждать, что подобные проекты фактически на 50 - 60% эффективнее по всем показателям, если учесть указанные выше факторы. Данный анализ доказывает привлекательность подобных проектов при выбранном механизме финансирования и может стать доказательством эффективности использования бюджетных средств (федеральных и субъектов федерации) для реализации федеральной программы "Жилище" подпрограммы "Реконструкции домов первых массовых серий" и сохранения жилищного фонда созданного в 60 - 70 года. Реализация таких проектов влияет на продвижение реформ в Жилищно - коммунальном хозяйстве города и может служить положительным примером решения проблемы реконструкции домов первых массовых серий.

Литература

1. Булгаков С.Н. Реконструкция жилых домов первых массовых серий и малоэтажной жилой застройки.- М.: Изд-во «АБАК», 1998.- 248 с.
 2. Залесов А.С., Чистяков Е.А. Расчет и конструирование монолитных каркасов с плоскими перекрытиями // Ресурсосберегающие конструктивно-технологические решения зданий и сооружений: Сб. докл. Междунар. конф. «Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений».- Белгород: Изд. БелГТАСМ, 1997.- Ч. 6-7.-С. 8-12.
 3. Отчет по теме «Разработка проектных предложений по реконструкции и вторичной застройке квартала № 367 в г. Белгороде/ ООО «АКЦЭНТРОС».- Москва, 2002.- 162с.
 4. Пахомов С.П., Никитин Е.Е. Новые жилые дома для производства на ДСКЗ// Промышленное и гражданское строительство.- 2002, № 5, С. 11-14.
 5. Пособие по проектированию жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85) / Вып.3. Конструкции жилых зданий.- М.: Стройиздат, 1989.- 303 с.
 6. Рочегова Н.А., Федоров Е.П. Дома с широким корпусом получают путевку в жизнь // БСТ.- 1997.- № 7.- С. 19-20.
-
-

УДК 725/727

Доц. М. В. Захаров

(Орловский государственный технический университет)

Россия, г. Орел

ОРГАНИЗАЦИЯ ЖИЛОЙ СРЕДЫ СЕЛ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Расширенное развитие и обновление сельских населенных мест Орловской области представляет собой сложный социальный процесс, управление которым может успешно осуществляться только на основе комплексного прогноза развития территорий крупных административно-территориальных единиц. При этом должен быть определен, по крайней мере, на несколько десятилетий вперед рост (или убыль) населения территорий (как постоянного, так и сезонного), определены отрасли производства, в которых это население будет занято, по возможности установлено соотношение демографических параметров разных групп населения. Такой план развития района должен быть детализирован по каждому населенному пункту.

На предварительной стадии разработки градостроительного решения выполняются следующие разделы:

- производится зонирование территории на основе демографических данных с учетом их динамики;
- определяются перспективная, экономическая направленность территорий;
- устанавливаются наиболее эффективные в экономическом, социальном и экологическом аспектах средства регулирования процесса развития региона;
- назначаются земельные участки для развития городских и сельских поселений, строительства новых жилых образований, а также объектов отдыха и туризма;
- определяются требуемые направления развития коммуникаций (дорожной сети и маршрутов общественного транспорта);
- уточняются размеры и границы сохраняемых памятников ландшафта и архитектуры;
- выбираются места для размещения конкретных аграрных, строительных, коммунальных и других объектов;
- разрабатываются предложения по организации и регулированию инвестиций.

Не вызывает сомнения, что в основном развитие сельских поселений в Орловской области в основном будет происходить за счет реконструкции уже сложившихся, с исторически определенной планировочной структурой. При этом на землях коллективных сельхозпредприятий складывается новая структура, включающая в себя как первоначальные предприятия, так и вновь создаваемые индивидуальные (фермерские) хозяйства. Связанные с этим изменения на существующих территориях могут происходить в трех основных направлениях.

Существующее предприятие сохраняется на прежней территории. Возникновение отдельных фермерских хозяйств существенно не меняет территориальную организацию предприятия; они могут размещаться как на территории существующего поселения, так и на специально выделяемых участках. Все необходимые функциональные связи, существовавшие до этого, сохраняются.

Сельхозпредприятие уменьшает свою территорию и для размещения фермерских хозяйств выделяет значительные участки. При этом вероятно возникновение групповых фермерских поселений, то есть самостоятельных жилищно-хозяйственных комплексов. При этом изменяются и коммуникационные связи.

Существующее сельхозпредприятие ликвидируется и на его территории создаются принципиально новые структурные единицы.

Таким образом, в зависимости от природных условий, размеров территорий и типов индивидуальных хозяйств возможны следующие приемы размещения фермерского хозяйства в существующей системе сельских поселений:

- полностью на землях сельского поселения;
- частично на территории сельского поселения, а частично на примыкающих к нему землях;
- за пределами существующего сельского поселения;
- на территории, за пределами поселения создаются комплексы из нескольких индивидуальных хозяйств.

При этом на основе центральных усадеб появятся поселения, выполняющие административные функции и являющиеся центрами обслуживания для фермерских хозяйств. Кроме того, возможно возникновение специализированных аграрных, рекреационных, учебных и других поселений в зависимости от конкретных условий.

Возникающие при этом производственные центры, а также малые поселения, должны стать центрами первичного обслуживания, как для существующих крупных поселений, так и для вновь организуемых фермерских хозяйств.

Транспортная инфраструктура должна обеспечить связи между поселениями. Так, например, фермерские хозяйства следует размещать на расстоянии получасовой пешеходной доступности от объектов первичной ступени обслуживания. До производственных центров расстояние от фермерского хозяйства не должно превышать часовой доступности.

При соблюдении условий, необходимых для создания фермерских хозяйств на базе центральных усадеб, создается зона влияния с радиусом от получаса до полутора часов пешеходной доступности (от 5-8 км). Соответственно, потребуют своего решения и вопросы реконструкции существующей системы инженерных коммуникаций и благоустройства.

Развитие существующих и создание новых сельских поселений – вплоть до индивидуальных фермерских хозяйств – следует проектировать только с учетом заранее выполненной оценки территории, включающей в себя учет ландшафтных особенностей, культурно-исторических традиций и сложившейся планировочной структуры сельских населенных мест. При этом возможна следующая классификация территорий с различной степенью функционального назначения:

- территории с большим количеством охраняемых объектов (культурно-исторических и ландшафтных памятников) на которых определен специальный режим их использования;
- территории со средней концентрацией вышеуказанных объектов, на которых допускается организация и развитие фермерских хозяйств с рядом ограничений их производственной деятельности и необходимостью выполнения природоохранных мероприятий;
- территории с низкой концентрацией охраняемых объектов, где возможна организация фермерских хозяйств любого направления;
- территории с неблагоприятными природными условиями для развития сельскохозяйственного производства и высокой степенью производственных вредностей в районах промышленного производства.

Выявлены три группы закономерностей формирования жилой среды сельских поселений:

1 планировочные:

-распределение жилой застройки (по этажности и применяемым строительным материалам, планировочной организации жилой застройки, размерам участков жилых зданий, архитектурно-планировочной структуре жилых домов) в соответствии со общественно-социальной структурой сельского населения;

-дифференциация жилой застройки различных социальных ступеней по уровню комфорта, социально-пространственным качествам и эстетико-экологическим свойствам;

2 типологические:

-трансформация типов жилой застройки в пространстве и во времени;

-соответствие типов пространственной организации жилой среды села ступеням общественно-социальной структуры сельского населения. В каждый исторический период сложившиеся типы жилой застройки, жилых зданий и их участков соответствуют структуре сельского населения по социальному положению и уровню дохода;

3 архитектурно-пространственные:

-дифференциация жилой застройки по категориям домовладельцев соответствует характеру распределения сельского населения по социальному статусу и уровню дохода;

-пространственная организация жилого дома представляет собой структурный каркас, основными составляющими которого являются архитектурно-художественная выразительность здания, планировочная структура и поэтажное зонирование. Структурный каркас жилого дома выражает влияние общественно-социальной структуры сельского населения на формирование его архитектурно-пространственных качеств.

Сельские населенные пункты являются объектами регионального проектирования. Перспективы их социально-экономического развития определены в целом ряде проектных документов и материалов, выполненных региональными организациями. Главным документом, определяющим формирование и развитие сел, является генеральный план. Генеральные планы сел Орловской области выполнялись проектными организациями г. Орла (институты "Гипронисельпром", "Агропромпроект").

Следует отметить, что генеральные планы сел Орловской области разрабатывались в советский период и устарели в новых социально-экономических условиях. В настоящее время в селах по мере строительства новой и реконструкции сложившейся застройки составляются дежурные планы. В градостроительной документации и архитектурной практике в недостаточной степени учитывается существенный сдвиг в области освоения сельских территорий в соответствии с новыми социально-экономическими условиями. Оценка эффективности генерального плана, ПДП или другого вида градостроительной документации должна предусматривать возможности их адаптации к изменениям общественно-социальной структуры населения села. Эффективность социально-пространственной организации жилой застройки состоит в учете потребностей всех социальных групп населения в жилье.

При формировании и дальнейшем развитии жилой среды сел Орловской области существуют следующие проблемы: небольшой набор отраслей материального производства и непромышленной деятельности, характеризующей экономическую базу; относительно низкий технический уровень предприятий; недостаточная развитость инженерно-технической и социально-бытовой инфраструктуры; низкий уровень благоустройства сельской среды.

Проведенный анализ социальных проблем формирования жилой среды сел Орловской области позволил выявить следующие социальные и архитектурно-пространственные принципы ее развития и регулирования:

-создание обязательной для каждого села концептуальной и регулятивной основы предстоящих архитектурно-градостроительных преобразований. Для этого необходимо разрабатывать градостроительную документацию села с учетом социально-пространственных закономерностей формирования его жилой среды;

-выбор приоритетного направления территориального развития жилой застройки села учитывающего его функционально-планировочную структуру и социально-пространственную организацию;

-восстановление жилой среды села как тесной взаимосвязи архитектурно-пространственной организации жилой застройки и социальной структуры сельского населения;

-целостность подхода при реконструкции, модернизации существующего жилого фонда, а также ведение нового жилищного строительства на новой социально-экономической основе предусматривающей удовлетворение потребностей в жилье всех социальных групп сельского населения.

Изучение основных направлений территориального развития жилой застройки в исторической динамике позволяет сделать следующее обобщение: основу градостроительной деятельности в селах Орловской области определяют социальные и архитектурно-пространственные взаимосвязи.

В результате проведенного анализа предлагается схема влияния общественно-социальной структуры сельского населения на формирование жилой среды села. Общественно-социальная структура сельского населения выражает разделение населения на высшую, среднюю, низшую социальные ступени и оказывает определенное влияние на формирование и развитие планировочной структуры, типологии жилой застройки, архитектурно-пространственной организации жилой среды села.

Предлагаемая структурная модель социальной и архитектурно-пространственной организации отражает пространственные и структурные изменения жилой среды села в зависимости от влияния социальных факторов и общественно-социальной структуры населения. Необходимость построения структурной модели вызвана значительным изменением характера формирования жилой среды сел, связанного с новыми социально-экономическими условиями.

Учет фактора времени характеризует модель как динамическую. Динамизм модели означает, что процесс формирования и развития жилой среды села реализуется в качественных изменениях застройки, которое постепенно переводит систему из одного состояния в другое. В исторической динамике происходят изменение планировочной структуры жилых территорий, трансформация типов жилой застройки, преобразование архитектурно-пространственных качеств жилья.

По целевому назначению модель описывает процесс формирования социальной и архитектурно-пространственной организации жилой среды села и является аналитической. В модели анализируется формирование жилой застройки на уровнях: село, улица, дом, в зависимости от социальной структуры сельского населения; модель можно охарактеризовать как оптимизационную, так как с ее помощью возможно вывести основные социальные и архитектурно-пространственные закономерности формирования жилой среды села, учет которых в градостроительной документации и архитектурной практике направлен на решение социальных проблем, в частности удовлетворение потребностей всех социальных групп населения в жилье.

Предложенная модель раскрывает социальные и архитектурно-пространственные взаимосвязи формирования жилой среды села и предусматривает одновременный учет влияния социальных факторов и социальных проблем на формирование жилой застройки, а также систему исследования социально-пространственной организации жилья на определенных уровнях; и использование социально-пространственных закономерностей.

Предложена концепция развития и регулирования жилой среды села, которая основана на комплексном использовании социально-пространственных закономерностей в процессе формирования жилой застройки сел Орловской области. Предлагаются следующие уровни градостроительного проектирования: планировочная структура села, детальная планировка и застройка элементов жилой среды. Социальная и архитектурно-пространственная организация селитебных территории на этих уровнях соответствует определенным задачам. Генеральный план отражает социальную и архитектурно-пространственную организацию всей жилой территории села. Проект детальная планировка предусматривает пространственное развитие жилой застройки. В архитектурно-планировочном решении элементов жилой среды ставятся задачи объемно-пространственной организации.

На современном этапе в состав процесса проектирования предлагается включить социологическое обоснование. Учет потребностей сложившихся сообществ или социальных ступеней общественно-социальной системы необходим в новой социально-экономической ситуации для разработки полноценных, социально-ориентированных проектов.

В градостроительном проектировании должно быть найдено правильное соотношение социальных и архитектурно-пространственных компонентов. Таким образом, чтобы градостроительный проект был социально адаптирован, наряду с вопросами территориального развития, функциональной организации, пространственной структуры он должен учитывать социальную организацию жилой среды.

Предложенная концепция предусматривает: обеспечение соответствия требованиям различных социальных групп населения к жилой застройке; размещение и пространственную организацию жилья; эффективное и компактное использование селитебных территорий; а также эстетико-экологическую сбалансированность жилой среды.

Таким образом, целесообразно включение исследований социальной и архитектурно-пространственной организации жилой среды села в качестве основы для градостроительных рекомендаций при создании генерального плана, проектов застройки микрорайонов, кварталов и других элементов планировочной структуры. Включение социальной организации жилой среды в процесс оценки исходной ситуации избавит от разработки заведомо нежизнеспособного градостроительного решения.

Задачи градостроительной деятельности должны быть направлены на решение социальных проблем, пути решения которых, в градостроительной деятельности раскрывают методические рекомендации.

Проведенное исследование позволило разработать методические рекомендации по регулированию жилой застройки сел Орловской области, с учетом выявленных социальных и архитектурно-пространственных закономерностей:

- на уровне сельской жилой застройки необходимо создание социально ориентированного генерального плана с учетом потребностей всех социальных групп сельского населения, основанного на концепции социально-пространственного развития жилой застройки конкретного села.

Формирование жилой застройки по этажности и применяемым строительным материалам привязывается к социальной структуре сельского населения и должно иметь регулируемый характер. Анализ показал, что в селах необходимо поддерживать малую этажность 1-2 этажа, не выше 3. Следует стимулировать развитие местной строительной базы, использование традиционных местных строительных материалов.

В основу развития планировочной структуры должно быть положено социально-пространственное исследование, направленное на выявление потребностей различных социальных групп населения, соблюдение разумного баланса социального и коммерческого строительства с учетом общественно-социальной структуры села. Для этого целесообразно создание схемы дифференциации жилых территорий

по типам социально-пространственной организации. Необходимо обеспечить автономность существования каждого типа социально-пространственной организации при рациональной их взаимосвязи. Важно соблюдать принцип социальной справедливости, а именно соответствие социального жилья современным нормам и стандартам проживания.

На уровне уличной планировки необходимо формирование локального ПДП, учитывающего стратегическую социально ориентированную градостроительную программу, опирающуюся на систему самоуправления определенной социальной группы населения.

Дальнейшее формирование усадебной застройки должно предусматривать: высокий уровень инженерного благоустройства; необходимые условия для ведения подсобного хозяйства, а также размещение на их территории учреждений повседневного и периодического культурно-бытового обслуживания населения. При проектировании квартала должна оставаться возможность целенаправленного развития жилой застройки для определенной ступени общественно-социальной системы. Целесообразно предусматривать жилую застройку одного уровня комфорта

На уровне жилого дома необходимо проектирование типов жилой застройки различного комфорта, отвечающих потребностям определенной социальной группы.

Необходимо обеспечение каждой квартиры, жилого дома, независимо от социальной принадлежности владельца современным уровнем комфорта, предусматривающего: наличие стандартных структурных элементов; рациональное функциональное зонирование; обеспечение автономности каждой из зон при рациональной их взаимосвязи; полное инженерное оборудование и благоустройство.

Предложения и рекомендации предусматривают целостность подхода к решению социальных проблем на всех уровнях социально-пространственной организации.

Литература

1. Гераскин Н.Н. Планировка и застройка фермерской усадьбы. – М.: Изд. «Колос», 2000.
 2. Мирошниченко А.С. Как развиваться территории // Сельское строительство. – 1995, №7, С. 42.
 3. Федеральная целевая программа «Социальное развитие села до 2010 года» // Российская бизнес-газета, 2002, № 45(389). – С. 4.
 4. Эманова Е. Альтернативы интеграции нет. // Твоя земля, 2002, № 6(85). – С. 2.
-
-

УДК 624.074.4:621.328

*Канд. техн. наук, доц. Н. В. Клюева, студ. Н. Б. Андросова, асп. О. А. Ветрова
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел*

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА РАМНО-СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ВНЕЗАПНО ВЫКЛЮЧАЮЩИМИСЯ СВЯЗЯМИ

В данной работе предлагается алгоритм расчета статически неопределимых систем с выключающимися связями, позволяющий проследить последовательность выключения связей. Такая задача представляет интерес для расчета живучести конструктивно нелинейных систем при запроектных воздействиях техногенного характера [1]. При этом на начальном этапе нагрузка, при действии которой не происходит выключения связей (например, эксплуатационная), считается, неизменной. Остальная нагрузка изменяется пропорционально одному параметру, т.е. параметрически. Сечения (или участки), где возможно выключение связей, известны.

Данное ограничение может показаться весьма существенным с позиции снижения практической ценности предлагаемой методики. Однако в практике проектирования определение сечений (или участков), где возможно выключение связей, для каждой конкретной конструкции не представляет больших сложностей. Например, для неразрезных балок такими будут опорные сечения на

промежуточных опорах и пролетные сечения, где приложены сосредоточенные силы. В том случае, когда в пределах пролета отсутствуют сосредоточенные силы, а действует только распределенная параметрическая нагрузка, рекомендуется принимать в качестве таких сечения, расположенные от левой опоры на расстояниях 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 и 0,7 длины пролета. В том случае для данного пролета положение сечения, где произойдет выключение связи, будет определено приближенно, с точностью не ниже 5% длины пролета. Аналогичным образом можно поступить и при анализе равно-стержневых систем. Как показали практические расчеты, такое приближение существенно не отражается на конечных результатах расчета. Ошибка не превышает 3%.

Внезапное выключение связей может быть связано с появлением упруго-хрупко-пластических деформаций (например, хрупко - пластического шарнира при расчете изгибаемых систем), при достижении предела прочности для хрупких материалов, внезапным нарушением анкеровки рабочей арматуры и т.п. Здесь мы ограничимся рассмотрением систем из упругохрупкопластических материалов, т.е. подчиняющихся диаграмме Прандтля с ограниченной ветвью деформирования.

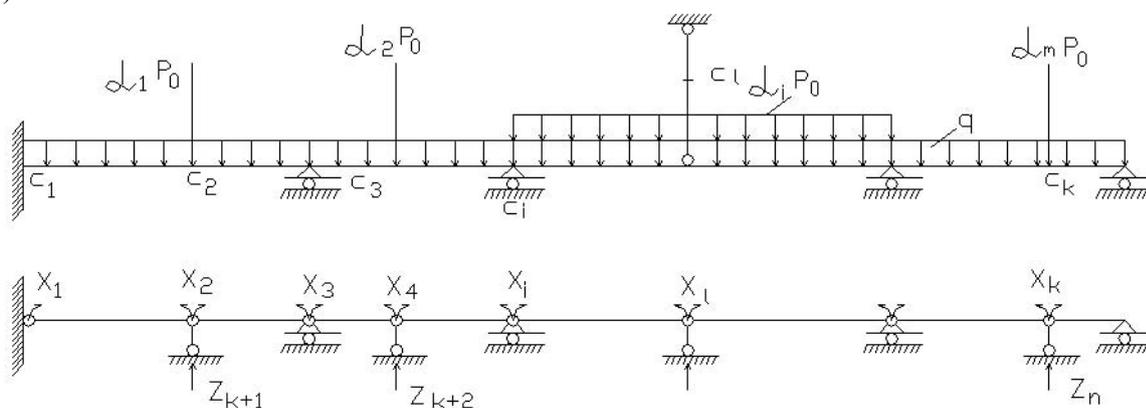
Пусть задана статически неопределимая система (рис. 1, а), нагруженная постоянной нагрузкой q (известно, что при действии этой нагрузки связи не выключаются) и внезапными нагрузками, величины которых выражены через общий параметр P_0 , причем изменение этих нагрузок происходит пропорционально этому параметру. Сечения, где возможны выключения связей, известны; на рис. 1, а они обозначены c_1, c_2, \dots, c_k . Требуется определить минимальное значение параметра P_0 , при котором будет исчерпана живучесть системы, в данном случае несущая способность системы, т.е. вся система или ее часть станет изменяемой (система превратится в механизм).

Для большей формализации и удобства автоматизации расчета выбираем основную систему смешанного метода решения статически неопределимых равно-стержневых систем в варианте предложенном в работе [2]:

а) в местах возможного выключения связей удаляем эти связи и заменяем их неизвестными усилиями $X_i (i = 1, 2, \dots, k)$;

б) если при удалении связей образуется геометрически изменяемая основная система, то выполняется наложение дополнительных связей так, чтобы система стала геометрически неизменяемой и по направлениям наложенных связей задаемся неизвестными перемещениями $Z_i (i = k + 1, \dots, n)$.

а)



б)

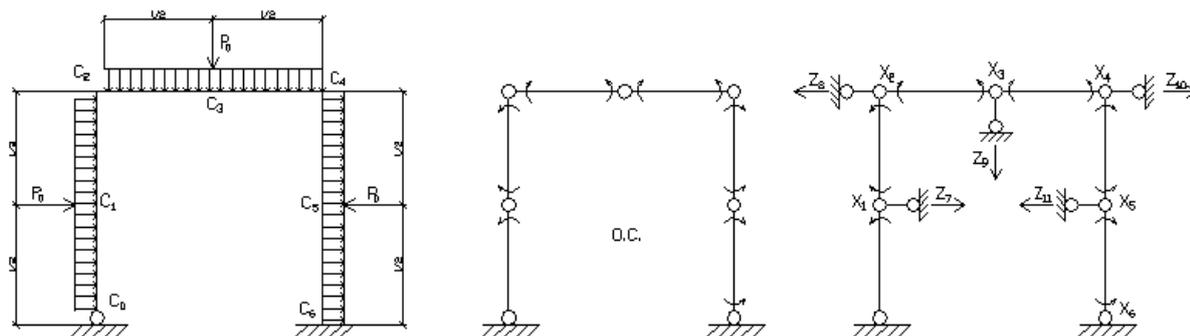


Рис. 1. Заданная и основная системы смешанного метода: а – при расчете неразрезных балок; б – при расчете рамы

Выбор смешанного метода для решения поставленной задачи, хотя и приводит к увеличению числа неизвестных исходной системы уравнений, но при этом значительно сокращается трудоемкость расчетов, связанных с выявлением последовательности выключения связей и анализом геометрической неизменяемости системы. Кроме того, применение метода перемещений или метода сил приводит к тому, что после выключения каждой связи необходима корректировка основной системы и формирование системы уравнений заново при измененном числе неизвестных. При этом для метода перемещений выключение связи может привести к уменьшению числа неизвестных, если, например, в неразрезной балке выключить связь в опорном сечении, так и к их увеличению, если выключилась связь в пролетном сечении. Все это усложняет структуру алгоритма и реализацию вычислительного процесса на ЭВМ. При применении смешанного метода в предложенном виде выключение связей не приводит к изменению основной системы уравнений с учетом того, что независимо от местоположения сечения, где произошло выключение связи, число неизвестных всегда уменьшается на единицу.

Задача отыскания последовательности выключения связей и соответствующих значений параметра P_0 может быть представлена следующей математической моделью.

1. Найти значение параметра P_0 , при внезапном возрастании которого от 0 до некоторого искомого значения включается первая связь, при следующих ограничениях:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_i &\equiv \sum_{j=1}^k \delta_{ij} * X_j + \sum_{j=k+1}^n \delta'_{ij} * Z_j + \Delta_{ip} + \delta_{ip} * P_0 = 0, \quad (i=1, 2, \dots, k); \\ R_i &\equiv \sum_{j=1}^k r'_{ij} * X_j + \sum_{j=k+1}^n r_{ij} * Z_j + R_{ip} + r_{ip} * P_0 = 0, \quad (i=k+1, \dots, n), \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $\delta_{ij}, r_{ij}, \delta'_{ij}, r'_{ij}$ - коэффициенты при неизвестных (единичные перемещения и реакции) смешанного метода расчета статически неопределимых систем;

Δ_{ip} и R_{ip} - грузовые коэффициенты (перемещение и реакции) от постоянной нагрузки;

δ_{ip} - перемещение по направлению i -ой удаленной связи от внешней параметрической нагрузки при $P_0 = 1$ в рассматриваемой основной системе;

r_{ip} - реакция в i -ой наложенной связи основной системы от внешней параметрической нагрузки при $P_0 = 1$.

В матричной форме записи уравнения (1) имеют вид:

$$A * \vec{X} + B * \vec{Z} + \vec{\Delta}_p + \vec{\delta}_p * P_0 = 0; \quad (2)$$

$$C * \vec{X} + D * \vec{Z} + \vec{R}_p + \vec{r}_p * P_0 = 0, \quad (3)$$

где

$$\left. \begin{aligned}
 A &= \left\| \begin{array}{cccc} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1k} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \delta_{k1} & \delta_{k2} & \dots & \delta_{kk} \end{array} \right\|; \quad B = \left\| \begin{array}{cccc} \delta'_{1,k+1} & \delta'_{1,k+2} & \dots & \delta'_{1n} \\ \delta'_{2,k+1} & \delta'_{2,k+2} & \dots & \delta'_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \delta'_{k,k+1} & \delta'_{k,k+2} & \dots & \delta'_{kn} \end{array} \right\|; \quad C = \left\| \begin{array}{cccc} r'_{k+1,1} & r'_{k+2,2} & \dots & r'_{k+1,k} \\ r'_{k+2,1} & r'_{k+2,2} & \dots & r'_{k+2,k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r'_{n1} & r'_{n2} & \dots & r'_{nk} \end{array} \right\|; \\
 D &= \left\| \begin{array}{cccc} r_{k+1,k+1} & r_{k+1,k+2} & \dots & r_{k+1,n} \\ r_{k+2,k+1} & r_{k+2,k+2} & \dots & r_{k+2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n,k+1} & r_{n,k+2} & \dots & r_{nn} \end{array} \right\|; \quad \bar{\Delta}_P = \left\| \begin{array}{c} \Delta_{1P} \\ \Delta_{2P} \\ \vdots \\ \Delta_{kP} \end{array} \right\|; \quad \bar{R}_P = \left\| \begin{array}{c} R_{k+1,P} \\ R_{k+2,P} \\ \vdots \\ R_{nP} \end{array} \right\|; \quad \bar{\delta}_P = \left\| \begin{array}{c} \delta_{1P} \\ \delta_{2P} \\ \vdots \\ \delta_{kP} \end{array} \right\|; \\
 \bar{r}_P &= \left\| \begin{array}{c} r_{k+1,P} \\ r_{k+2,P} \\ \vdots \\ r_{nP} \end{array} \right\|; \quad \bar{X} = \left\| \begin{array}{c} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_k \end{array} \right\|; \quad \bar{Z} = \left\| \begin{array}{c} Z_{k+1} \\ Z_{k+2} \\ \vdots \\ Z_n \end{array} \right\|.
 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

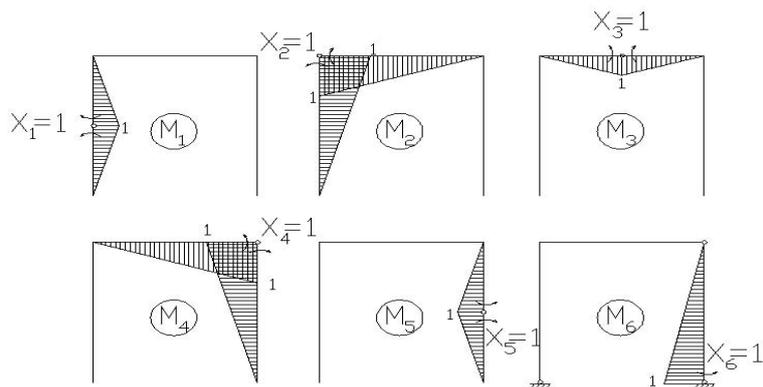
Для рамы (рис. 1,б) система уравнений представлена в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned}
 \Delta i &\equiv \sum_{j=1}^{k=6} \delta_{ij} * X_j + \sum_{j=k+1}^{n=11} \delta'_{ij} * Z_j + \Delta_{ip} + \delta_{ip} * P_0 = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n = 6); \\
 R_i &\equiv \sum_{j=1}^{k=6} r'_{ij} * X_j + \sum_{j=k+1}^{n=11} r_{ij} * Z_j + R_{ip} + r_{ip} * P_0 = 0, \quad (i = k + 1, \dots, k = 11),
 \end{aligned} \right\}$$

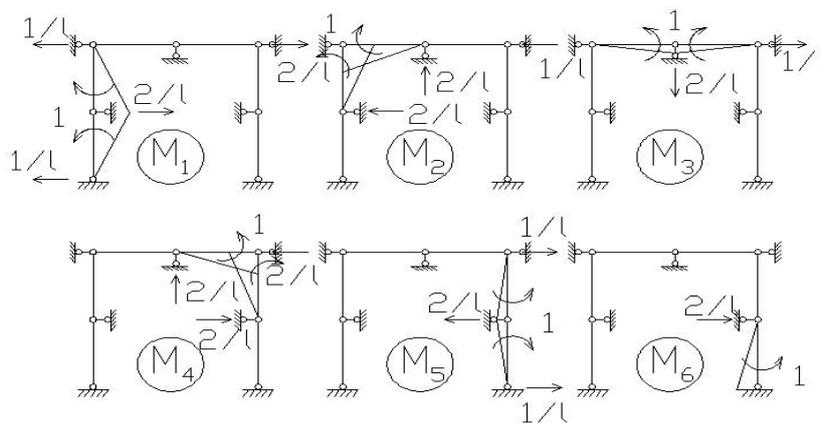
(5)

Коэффициенты матриц (4) для рассматриваемой рамы определяются перемножением соответствующих эпюр моментов.

а)



б)



в)

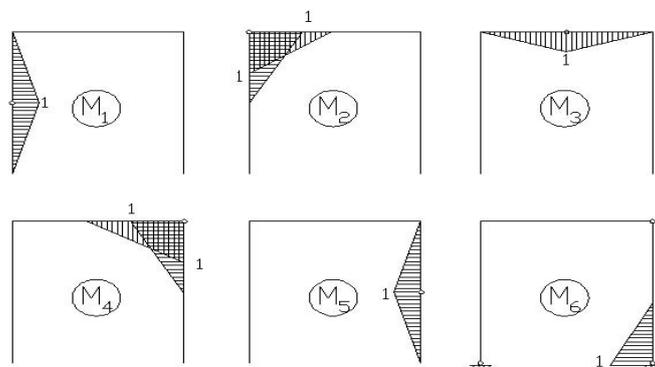


Рис. 2. К определению коэффициентов матриц уравнений: а, б, в – эпюры моментов для определения коэффициентов \bar{A} , \bar{B} , Δ_p соответственно

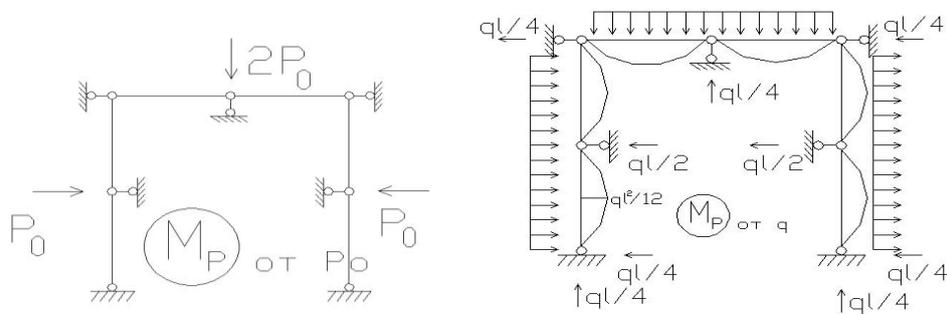


Рис. 3. К определению коэффициентов матриц грузовых членов \bar{r}_p , \bar{R}_p

В частности коэффициенты матрицы \bar{A} (рис. 2,а):

где M_i^{np} - предельное значение усилия в i -ой выключающейся связи.

В левой части системы неравенств (18) значения принимаются по абсолютной величине, так как наличие отрицательного знака у X_i указывает на то, что направление этого усилия противоположное по отношению принятого в основной системе (рис. 1, а), а предельное значение усилия всегда принимается положительным.

Очевидно, что из множества решений системы неравенств (18) необходимо найти такое минимальное значение параметра P_0 , при котором в наиболее нагруженной выключающейся связи достигается предельное значение, т.е. произойдет ее выключение.

Тогда

$$P_0^{(1)} = \min \left(\frac{M_i^{np} \mp |X_{iP}|}{|x_{iP}|} \right) (i = 1, 2, \dots, k), \quad (19)$$

где знак (-) в числителе принимается, если знаки X_{iP} и x_{iP} совпадают, а знак (+), если противоположны.

Пусть это условие выполняется для l -ой связи, тогда первой выключится эта связь при достижении параметром P_0 величины:

$$P_0^{(1)} = M_l^{np} \mp |X_{lP}| / |x_{lP}|. \quad (20)$$

Следовательно, при изменении параметра $P_0 \in [0, P_0^{(1)}]$ работает исходная схема со всеми включенными связями.

2. После выключения l -ой связи степень статической неопределенности системы уменьшилось на единицу, что равноценно исключению из системы ограничений (1) и (2) l -ого неизвестного. при этом исходные матрицы преобразуются следующим образом:

- а) в матрице A исключается l -ая строка и l -ая столбец;
- б) в матрице B исключается l -ая строка;
- с) В матрицах-столбцах грузовых коэффициентов $\vec{\Delta}_p$ и \vec{R}_p уточняется по следующим

формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_{iP}^{(1)} &= \Delta_{iP} + \delta_{iP} * P_0^{(1)} + \delta_{il} * (\pm M_l^{np}); \\ R_{iP}^{(1)} &= R_{iP} + r_{iP} * P_0^{(1)} + r'_{il} * (\pm M_l^{np}). \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

В выражениях (21) знак перед M_l^{np} принимается соответствующему знаку x_{lP} .

Такое преобразование грузовых коэффициентов равноценно принятию за начальную нагрузку суммарного воздействия исходной и внезапно прикладываемой параметрической нагрузок при $P_0 = P_0^{(1)}$ и предельного усилия в выключившейся связи. Уместно заметить, что предельное усилие при статическом и внезапном динамическом приложениях параметрических нагрузок различно [3].

Учитывая, что при решении задачи с использованием ЭВМ переформирование исходной системы уравнений с исключением одного неизвестного вносит значительные усложнения в алгоритм, предложено преобразование исходной системы уравнений без исключения неизвестного. В этом случае сделаем замену главного элемента δ_{il} матрицы A на единицу, а побочные элементы этой матрицы, расположенные в l -ой строке и l -ом столбце, а также все элементы l -ой строки матрицы B и элементы Δ_{lP} и δ_{lP} соответствующих грузовых матриц-столбцов заменим нулями.

В результате описанных преобразований получим систему уравнений, для которой, повторяя все вычисления, описанные в п.1, выявим следующую выключающуюся связь и вновь преобразуем систему уравнений, принимая за исходную систему уравнений, полученную после преобразования на предыдущем шаге решения. При этом на втором и последующих шагах получим приращение параметра ΔP_0 , т.е. параметры, при которых выключаются вторая и последующие связи, будут определяться по формулам:

$$\left. \begin{aligned} P_0^{(2)} &= P_0^{(1)} + \Delta P_0^{(1)}, \\ P_0^{(3)} &= P_0^{(2)} + \Delta P_0^{(2)}, \\ \dots & \\ P_0^{(k)} &= P_0^{(k-1)} + \Delta P_0^{(k-1)}. \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Признаком окончания решения будет образования геометрически изменяемой системы после выключения очередной связи. Для выявления этого признака на каждом шаге после выполнения преобразований системы уравнений вычисляется определитель матрицы коэффициентов при неизвестных. Если определитель равен нулю, то имеем геометрически изменяемую систему. В противном случае решение продолжается. Уместно так же заметить, что при выполнении расчетов вручную с использованием клавишных вычислительных машинок вычисление определителя не обязательно. Достаточно провести визуальный анализ полученной после выключения очередной связи системы на геометрическую неизменяемость.

Приведенный алгоритм для расчета рамно- стержневых систем с выключающимися связями достаточно эффективен в использовании для оценки живучести таких систем в запредельных состояниях, вызванных внезапными запроектными воздействиями.

Пример. Для иллюстрации эффективности изложенного алгоритма определим последовательность образования пластических шарниров в пятипролетной неразрезной балке постоянного сечения, нагруженной постоянной нагрузкой q и параметрической нагрузкой в виде системы сосредоточенных сил, изменяющихся пропорционально одному параметру P_0 (рис. 4,а), и вычислим предельную величину параметра P_0 , при котором произойдет исчерпание несущей способности балки. Местами возможного появления пластических шарниров являются сечения над промежуточными опорами и под сосредоточенными силами (всего 9 сечений). Величину изгибающего момента, при котором образуются пластические шарниры, примем равной $M_{np} = 30кН * м$. Основная система смешанного метода показана на рис. 4,б.

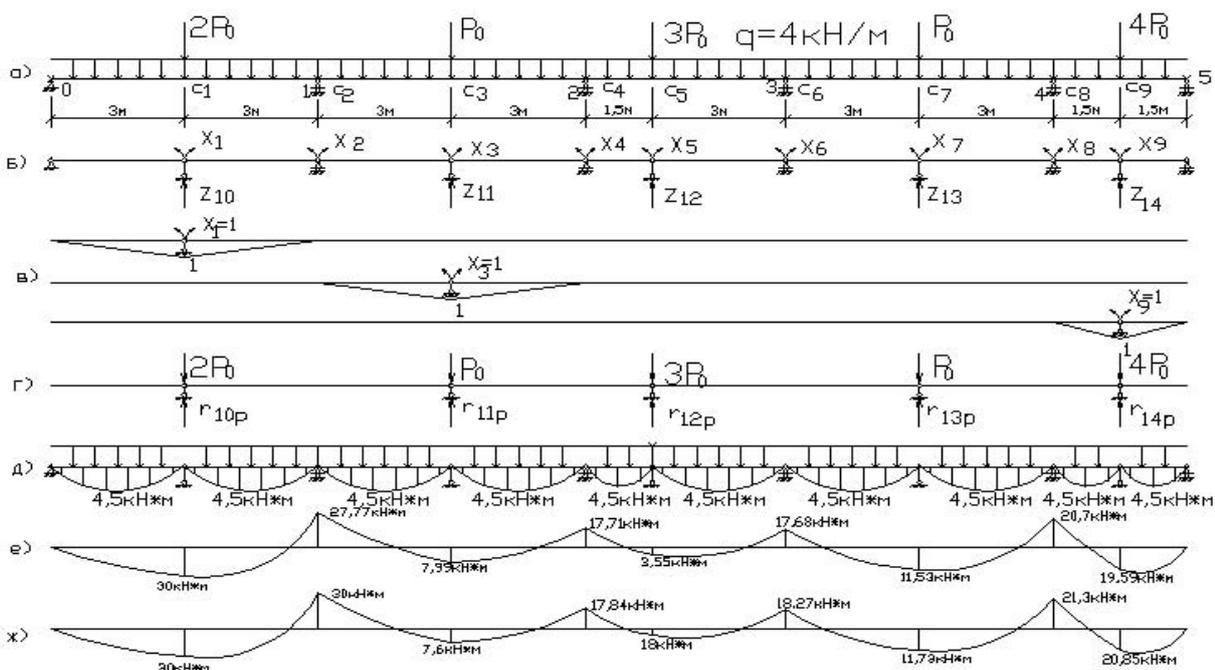


Рис. 4. К примеру расчета пятипролетной неразрезной балки с выключающимися связями

Вычисляем коэффициенты при неизвестных в грузовые члены от постоянной нагрузки и от параметрической нагрузки при $P_0=1$, принимая изгибную жесткость балки $EI=1$. Для этого составляем согласно (3), (4), (7)-(10) соответствующие матрицы:

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 2 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 2 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 1,5 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 1,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 2 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 2 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1,5 & 0,25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 1 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} 0,667 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,333 & -0,333 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,667 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,333 & -0,667 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0,333 & -0,333 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,667 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -0,333 & -0,667 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1,333 \end{pmatrix};$$

$$C = \begin{pmatrix} -0,667 & 0,333 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,333 & -0,667 & 0,333 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,667 & -1,333 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,333 & -0,667 & 0,333 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,667 & -1,333 \end{pmatrix};$$

$$D = 0; \vec{\Delta}_p = \begin{pmatrix} 9 \\ 9 \\ 9 \\ 5,625 \\ 9 \\ 9 \\ 5,625 \\ 2,25 \end{pmatrix}; \vec{R}_p = \begin{pmatrix} 12 \\ 12 \\ 9 \\ 12 \\ 6 \end{pmatrix}; \vec{\delta}_p = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \vec{r}_p = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix}.$$

По формуле (14) формируем исходную систему уравнений смешанного метода, решая которую, получим:

$$\vec{X}_p = \begin{pmatrix} X_{1P} \\ X_{2P} \\ X_{3P} \\ X_{4P} \\ X_{5P} \\ X_{6P} \\ X_{7P} \\ X_{8P} \\ X_{9P} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10,052 \\ -15,902 \\ 5,942 \\ -8,232 \\ 0,215 \\ -9,893 \\ 7,772 \\ -10,576 \\ -0,791 \end{pmatrix}; \vec{x}_p = \begin{pmatrix} x_{1P} \\ x_{2P} \\ x_{3P} \\ x_{4P} \\ x_{5P} \\ x_{6P} \\ x_{7P} \\ x_{8P} \\ x_{9P} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2,299 \\ -1,4 \\ 0,242 \\ -1,118 \\ 1,948 \\ -0,919 \\ 0,444 \\ -1,194 \\ 2,403 \end{pmatrix}.$$

Решая систему неравенств (18), получим, что первым образуется пластический шарнир в сечении

$$c_1 \text{ при } P_0^{(1)} = \min P_0 = \frac{M_i^{np} \mp |X_{iP}|}{|x_{iP}|} = \frac{30 - 10,5}{2,299} = 8,48 \text{ кН.}$$

Эпюра изгибающих моментов для этого момента показана на рис. 4,е.

Преобразуем исходные матрицы с учетом исключения неизвестного X_1 . При этом коэффициенты от постоянной нагрузки уточняем по формуле (21).

В итоге получим следующие транспонированные матрицы:

$$\bar{A}^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 2 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 1,5 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 1,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 2 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 2 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1,5 & 0,25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & 1 \end{pmatrix}; \bar{B}^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0,333 & -0,333 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,667 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,333 & -0,667 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0,333 & -0,333 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,667 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -0,333 & -0,667 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1,333 \end{pmatrix};$$

$$\bar{\Delta}_p^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 24 \\ 9 \\ 5,625 \\ 5,625 \\ 9 \\ 9 \\ 5,625 \\ 2,25 \end{pmatrix}; \bar{R}_p^{(1)} = \begin{pmatrix} 8,95 \\ 20,48 \\ 34,44 \\ 20,48 \\ 39,92 \end{pmatrix}.$$

Выполнив вычисления значений приведенных матриц получим:

$$\Delta_{1P} = 0; \Delta_{2P} = 9 + 0 * 88,48 + 0,5 * 30 = 24; \Delta_{3P} = 9 + 0 * 8,48 + 0 * 30 = 9;$$

$$\Delta_{4P} = 5,625 + 0 * 8,48 + 0 * 30 = 5,625; \Delta_{5P} = 5,625; \Delta_{6P} = 9; \Delta_{7P} = 9; \Delta_{8P} = 5,625; \Delta_{9P} = 2,25.$$

$$R_{1P} = 12 + 2 * 8,48 - 0,667 * 30 = 8,95; R_{2P} = 12 + 1 * 8,48 + 0 = 20,48; R_{3P} = 9 + 3 * 8,48 + 0 = 34,44;$$

$$R_{4P} = 12 + 1 * 8,48 + 0 = 20,48; R_{5P} = 6 + 4 * 8,48 + 0 = 39,92.$$

По формуле (14) формируем систему уравнений смешанного метода для балки с одним пластическим шарниром. Данная система является исходной для второго шага решения задачи. Решая систему, получим:

$$\text{при: } \bar{X}_p = \begin{pmatrix} X_{1P} \\ X_{2P} \\ X_{3P} \\ X_{4P} \\ X_{5P} \\ X_{6P} \\ X_{7P} \\ X_{8P} \\ X_{9P} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -26,88 \\ 8,91 \\ -17,98 \\ 16,58 \\ -17,625 \\ 11,56 \\ -20,73 \\ 19,58 \end{pmatrix}; \bar{x}_p = \begin{pmatrix} x_{1P} \\ x_{2P} \\ x_{3P} \\ x_{4P} \\ x_{5P} \\ x_{6P} \\ x_{7P} \\ x_{8P} \\ x_{9P} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -6,01 \\ -1,37 \\ 0,266 \\ 2,762 \\ -1,247 \\ 0,335 \\ -1,085 \\ 2,458 \end{pmatrix}.$$

Решая вновь систему неравенств (18), получим, что второй пластический шарнир, образуется в сечении c_2

$$\Delta P_0^{(1)} = \min \Delta P_0 = \frac{M_l^{np} \mp |X_{1P}|}{|x_{1P}|} = \frac{30 - 26,88}{6,01} = 0,519 \text{ кН};$$

$$P_0^{(2)} = P_0^{(1)} + \Delta P_0^{(1)} = 8,48 + 0,519 = 8,999 \approx 9 \text{ кН}.$$

Эпюра изгибающих моментов для этого момента показана на рис. 4,ж.

Образование второго пластического шарнира приводит к тому, что система становится геометрически изменяемой и несущая способность системы исчерпана при $P_0 = 9$ кН. Образование геометрически изменяемой системы - признак окончания решения или признак потери живучести системы. В рассмотренном примере разрушение системы имеет затухающий локальный характер.

Литература

1. Гениев Г.А. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях / Г.А. Гениев, В.И. Колчунов, Н.В. Ключева, А.И. Никулин, К.П. Пятикрестовский: Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 216 с.
2. Милейковский И.Е. Неординарный смешанный метод зависимостей систем с элементами сплошного и составного сечения / И.Е. Милейковский, В.И. Колчунов // Известия вузов. Строительство.– 1995.– № 7-8. – С. 32-37.
3. Гениев Г.А. Вопросы конструктивной безопасности железобетонных конструкций при внезапных запроектных воздействиях / Г.А. Гениев, В.И. Колчунов, Е.Д. Воробьев, Н.В. Ключева, К.П. Пятикрестовский // Бетон и железобетон – пути развития: Научные труды 2-ой Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону.– В 5 томах.– М.: НИИЖБ, 2005.– Том 2. Секционные доклады. Секция «Железобетонные конструкции зданий и сооружений».– С. 359-367.

УДК 711.31

*Канд. арх., проф. Т. Н. Колесникова
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел*

СВЕТОВОЙ КЛИМАТ МЕСТНОСТИ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ТЕПЛИЦ

В условиях надвигающегося экологического кризиса главной задачей научно-технических разработок во всех областях человеческой деятельности по преобразованию окружающей среды в своих целях является их энерго и ресурсоэкономичность. Архитектурно-строительная деятельность стоит в центре всех преобразований искусственной среды жизнеобитания человека, воплощая в материальных объектах - зданиях, сооружениях и их комплексах, новые технологические и инженерно-технические идеи и разработки, учитывая при этом всю систему факторов, лежащих в основе формирования каждого типа зданий, и в том числе теплиц.

Базируясь на общем определении здания, как материально-организованной среды для осуществления людьми различных социальных функций труда, быта и отдыха, можно сделать вывод, что на формирование этой среды оказывают влияние *две крупные группы факторов*, действующие на нее извне (*внешние*) и изнутри (*внутренние*) (см. рис. 1).

К внешним факторам можно отнести *комплекс природно - климатических условий* территорий и *антропогенные факторы* (вызванные воздействием человека).

Антропогенные факторы наиболее разноплановы и *имеют два уровня - глобальный и локальный*. **К глобальному** уровню относится весь комплекс социально-экономических особенностей развития общества (социальная структура общества, уровень развития науки и техники, отношения собственности). **К локальному уровню** относятся такие факторы, как существующая градостроительная ситуация, нормативно-правовые требования, наличие и трассировка транспортных и инженерных сетей, эколого-техногенная обстановка территорий, и т.п.

К внутренним факторам относятся особенности функционально-технологических процессов, осуществляемых в сооружениях, санитарно-гигиенические характеристики технологических процессов, и т.п.

КЛИМАТ МЕСТНОСТИ выступает одним из основополагающих факторов, оказывающих влияние не только на архитектуру теплиц на всех уровнях их архитектурной организации, но и на возникновение этого вида сооружений – как таковых. Ведь именно для преодоления несовместимых с жизнью и полноценным развитием растений факторов климата и появились теплицы.

Одновременно теплицы должны как можно более полно использовать полезные и необходимые для полноценного развития растений и энергосбережения факторы климата.

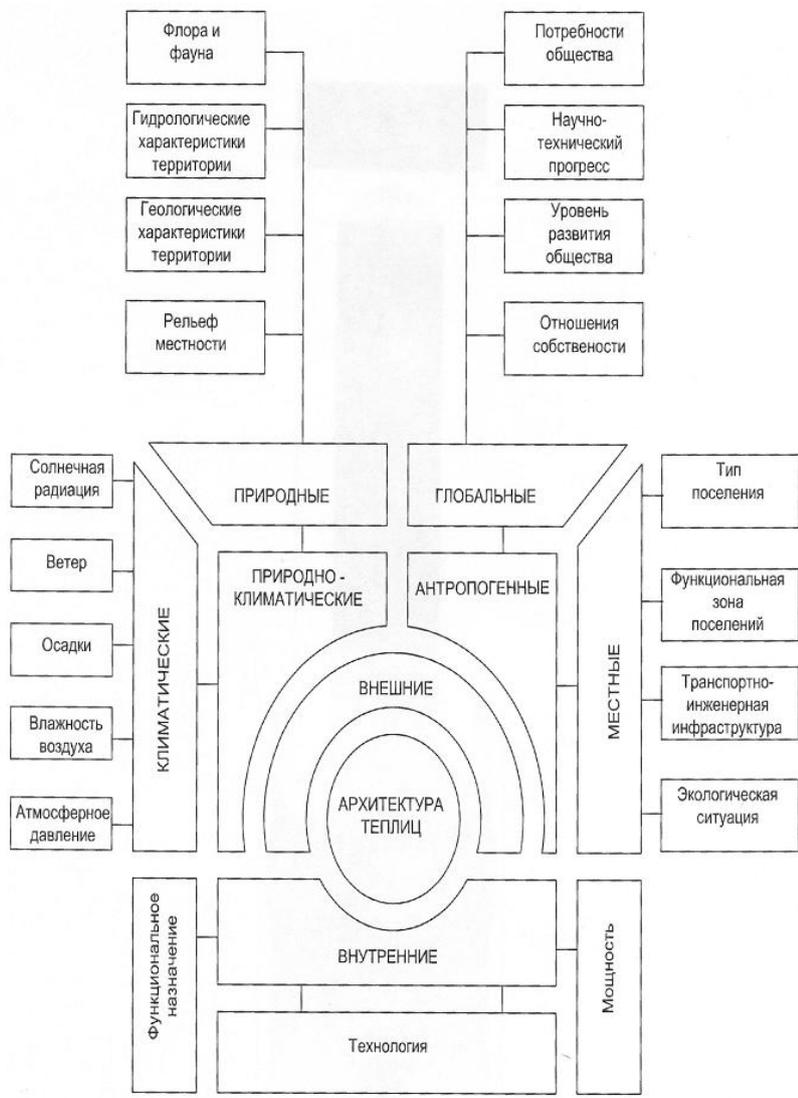


Рис.1 Система факторов, влияющих на формирование архитектурных решений теплиц



В целом для архитектурно - строительной деятельности к главным составляющим климата местности, оказывающим влияние на архитектурные решения объектов, относятся солнечная радиация, ветер, осадки, атмосферное давление, влажность воздуха. Перечисленные факторы климата учитываются при формировании архитектурных объектов в разной степени, зависящей от специфики функциональных требований объекта к интегрированному качеству его внутренней среды. Применительно к теплицам, главным назначением которых является создание искусственной среды, наиболее благоприятной для роста и развития растений, наиболее важным факторам выступает *солнечная радиация*.

СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ и ее рациональное использование – это энергетическая основа фотосинтеза растений и естественный источник тепла. Проблема естественного освещения теплиц состоит в максимальном использовании имеющихся ресурсов светового климата местности для создания в теплицах оптимальных условий освещенности для произрастающих в них растений путем разработки научно-обоснованных рациональных объемно – пространственных решений теплиц для всех световых зон страны.

При решении вопроса выбора рациональных архитектурных решений теплиц необходимо, с одной стороны, знать требования растений к свету и особенности светового климата местности, а с другой – выявить наиболее значимые типологические факторы архитектурных решений сооружений, влияющие на световой режим в них.

Световой климат местности представляет собой совокупность условий естественного освещения (ЕО) и инсоляции под открытым небом.

Важной характеристикой светового климата является соотношение между прямой и рассеянной освещенностью, которые в одинаковой мере полезны для растений, однако *степень проникновения прямой освещенности в теплицы более зависит от их архитектурной организации – формы, ориентации по сторонам света* [1].

Естественное освещение в теплицах имеет характерный суточный и годовой ход, причем он зависит как от светового климата местности, так и от способности сооружений, определяемой рациональными архитектурно-конструктивными решениями, улавливать прямые и рассеянные лучи.

Основными архитектурно-планировочными параметрами, в наибольшей степени влияющими на освещенность в теплицах (помимо сечений конструктивных элементов и материалов светопрозрачных ограждающих конструкций), являются: вид застройки (блочный, павильонный); ориентация коньков сооружений; форма и углы наклона скатов.

Обобщение результатов исследований по освещенности в теплицах различной формы поперечного сечения, и ориентации на местности в увязке с географической широтой местности показывает тесную взаимосвязь этих трех характеристик архитектурных решений теплиц.

Сравнения освещенности в сооружениях меридиональной и широтной ориентации, расположенных в различных широтах, выполненные учеными- светотехниками России и за рубежом, позволило выявить ряд закономерностей.

1. В позднеосенний и зимний периоды более высокая освещенность достигается в сооружениях широтной ориентации на всех широтах ($40^{\circ} - 70^{\circ}$ С.Ш.), а в весенне-осенний период – в сооружениях меридиональной ориентации. Это позволяет, в частности, более рационально решать вопросы планировки и застройки растениеводческих предприятий сезонного и круглогодичного периода использования [1].

2. Большая вероятность перегревов в сооружениях меридиональной ориентации в летний период. Борьба с ними легче в сооружениях широтной ориентации [2].

3. Расстояние между сооружениями, обеспечивающее их минимальное взаимное затенение, зависит от ориентации сооружений на местности следующим образом: при меридиональной ориентации для круглогодичных теплиц достаточно расстояние в 6 м на всех широтах, а при широтной - это расстояние меняется в сторону увеличения от 6 м ($35^{\circ} - 45^{\circ}$ С.Ш.) до 12 м (45° С.Ш. – 55° С.Ш., а при широте более 55° С.Ш. – далее быстро растет [2]. Учитывая современные тенденции к увеличению высоты теплиц, этот показатель еще увеличится.

4. Форма поперечного сечения и наклон скатов теплиц тесно связаны с ориентацией сооружений на площадке и периодом их эксплуатации и играют особо важную роль в светотехническом отношении при широтной ориентации коньков теплиц, а при меридиональной – незначительную (максимум 3 %).

В случае широтной ориентации складываются следующие условия:

- при низком солнцестоянии (зима) наиболее эффективны неравностатные теплицы с крутым южным и пологим северным скатом, так как лучше пропускают световой поток, максимально отражают его во внутреннее пространство;
- при среднем и высоком солнцестоянии наиболее эффективны сооружения с крутым северным и пологим южным скатами, по вышеуказанным причинам ;
- сооружения с арочным очертанием покрытия наиболее эффективны при среднем солнцестоянии, и эффективнее равностатных сооружений при всех углах наклона скатов.

В случае меридиональной ориентации несколько больший эффект зимой имеют равностатные сооружения с наклоном скатов 45° по сравнению с наклоном скатов 30° (+3%) [2].

Весной повышается эффективность арочного очертания покрытия, при одновременном увеличении перегревов в них летом. **Сооружения с арочным очертанием покрытия наиболее перспективны, по мере совершенствования ассортимента светопрозрачных материалов, имеющих возможность принимать криволинейные очертания.**

Значительное влияние на величину коэффициента освещенности теплиц оказывают конструктивные решения несущих и ограждающих конструкций. Общим требованием к конструкциям теплиц является сокращение размеров их поперечных сечений. При этом в зависимости от ориентации коньков сооружений появляются специфические требования к конструкциям сооружений, а именно:

при широтной ориентации большее отрицательное влияние на освещенность оказывают горизонтальные конструктивные элементы (лотки, прогоны) и места сопряжения светопрозрачных материалов по скату;

при меридиональной ориентации более значимы затенение сооружений шаг рам каркаса сооружений и шаг шпросов (прогонов, поддерживающих светопрозрачные конструкции). [1]

Обобщая вышеизложенное, можно сделать вывод, что основными путями увеличения коэффициента освещенности в теплицах являются такие архитектурно-строительные мероприятия, как укрупнение пролета и шага рам каркаса, увеличение размеров листовых светопрозрачных материалов с соблюдением требований по их прочностным характеристикам. Такие попытки уже делаются, как в отечественном, так и в зарубежном тепличестроении. Это увеличение шага опор каркаса блочных теплиц с 3 до 4-х метров, разработка новых видов стекла и стеклопластиков. Для теплиц с мягким покрытием из полимерных материалов наиболее эффективными с точки зрения увеличения коэффициента освещенности автор считает воздухонаполненные светопрозрачные конструкции.

Освещенность в теплицах всех световых зон в наибольшей степени зависит от оптических качеств светопрозрачных конструкций, которые, в свою очередь оказывают значительное влияние на формирование объемно-планировочных и конструктивных решений сооружений.

На основании натурных обследований теплиц, консультаций со специалистами и анализа информационных источников, сформулированы требования к светопрозрачным ограждающим конструкциям теплиц, согласно которым они должны:

обладать высокой пропускающей способностью в области ФАР, желательно – в области ультрафиолетового излучения, обладать светорассеивающей способностью, отражающей способностью в области инфракрасного излучения и не терять эти качества во времени;

обладать лучшими теплозащитными качествами по сравнению с листовым оконным стеклом;

обладать качествами самоочищения, или легко очищаться, не подвергаться обледенению;

быть стойкими к химическим и биологическим, радиационным и температурным воздействиям;

быть легкими, прочными к ударным и механическим воздействиям, гибкими.

К настоящему времени, например, этим требованиям в наибольшей степени отвечают долговечные воздушнопузырьковые фотокорректирующие пленочные покрытия (Россия), трудногорючий ПВХ – пластик «Ондекс БИО-2» (Франция), двухслойный поликарбонат «Лексан-зигзаг» (Бельгия), микроструктурное стекло с пониженным отражением света [3].

Результаты анализа влияния солнечной радиации и требований освещенности на архитектуру теплиц с рекомендациями автора по их оптимальному учету приведены на рис. 2.

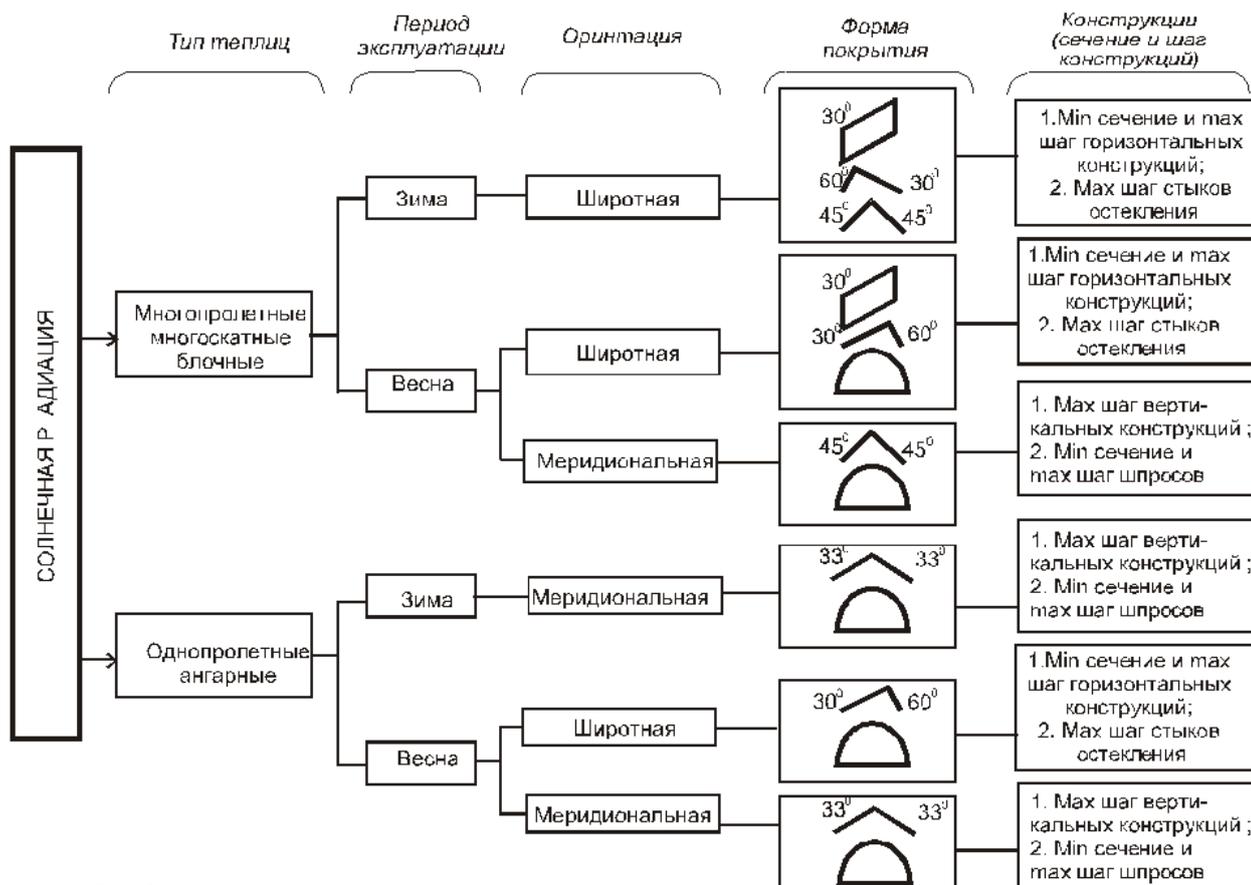


Рис. 2. Влияние светового климата местности на архитектуру теплиц

Литература

1. Гликман В.Я. Естественное освещение и инсоляция теплиц (вопросы расчета, проектирования и нормирования) // Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Орел, 1969.- 180 с.
2. Монеску Б. Световой режим в культивационных помещениях и способы его улучшения // Известия ТСХА, вып.6. -М.: ТСХА, 1996.
3. Свет и тепло. – М.: Мир теплиц.- 2003.– № 3.

УДК 624.12.45.04

Член-корр. РААСН, докт. техн. наук, проф. В. И. Колчунов, асп. И. В. Акимочкина

(Орловский государственный технический университет)

Россия, г. Орел

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ КОНТАКТНОЙ ЗОНЫ ДВУХ БЕТОНОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

В последние годы в связи с решением задач реконструкции и теплозащиты зданий и сооружений все большее распространение в практике проектирования получают многослойные конструкции различных типов: панели, блоки, несущие изгибаемые элементы и др. При проектировании таких конструкций, например стеновых панелей [1, 2], их выполняют в виде несущих слоев из легкого или тяжелого бетонов и утепляющих слоев из легких бетонов, обеспечивающих не только функции термоизолятора, но и связь между несущими слоями. К аналогичному типу конструкций можно отнести и многослойные конструкции, образуемые, например, средовыми повреждениями [3]. В результате таких повреждений конструктивные элементы по толщине имеют слои бетона с различными физико-механическими свойствами.

Широкому применению данного конструктивного решения препятствует недостаточная изученность вопроса о физико-механических характеристиках контактной зоны двух различных бетонов.

Проектирование составных конструкций с учетом четко прогнозируемых физико-механических свойств контактной зоны двух бетонов до настоящего времени практически не имеет надлежащего экспериментального и теоретического обоснования. Отсутствуют общепринятые и достаточно апробированные методы испытаний по определению физико-механических характеристик зоны контакта двух различных бетонов на сдвиг. В связи с этим в настоящей работе предложена методика экспериментальных исследований физико-механических свойств контактной зоны двух бетонов, направленная на получение опытных данных об особенностях деформирования, трещинообразования, исчерпания прочности пограничного слоя контакта двух различных бетонов.

Для моделирования контактной зоны двух бетонов предложено использовать двухслойный элемент с размерами слоев: верхнего $100 \times 100 \times 590$ мм, нижнего – $200 \times 100 \times 600$ мм (рис. 1). Сечение двухслойного элемента выполнено комплексным из двух бетонов: один слой из бетона класса В10, второй – из бетона класса В35.

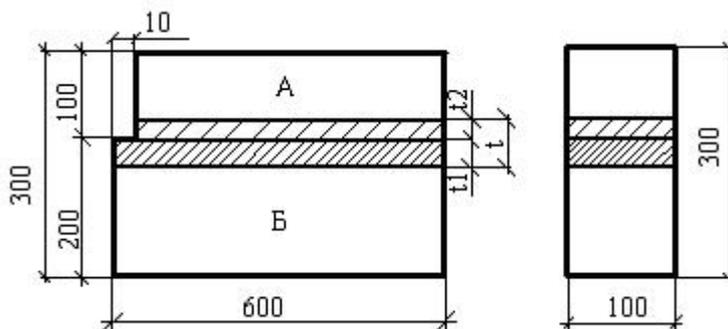


Рис. 1. Конструкция опытного образца: А – элемент из бетона класса В10, Б – элемент из бетона класса В35.

Испытание двухэлементного образца для определения деформативности контактной зоны двух различных бетонов предлагается проводить на специальном стенде. Стенд представляет собой рамно-сварную конструкцию из прокатных профилей (рис. 2). Он включает в себя жесткую металлическую раму (1), неподвижное упорное (8) и подвижное нагрузочное (4) устройства.

а)



б)

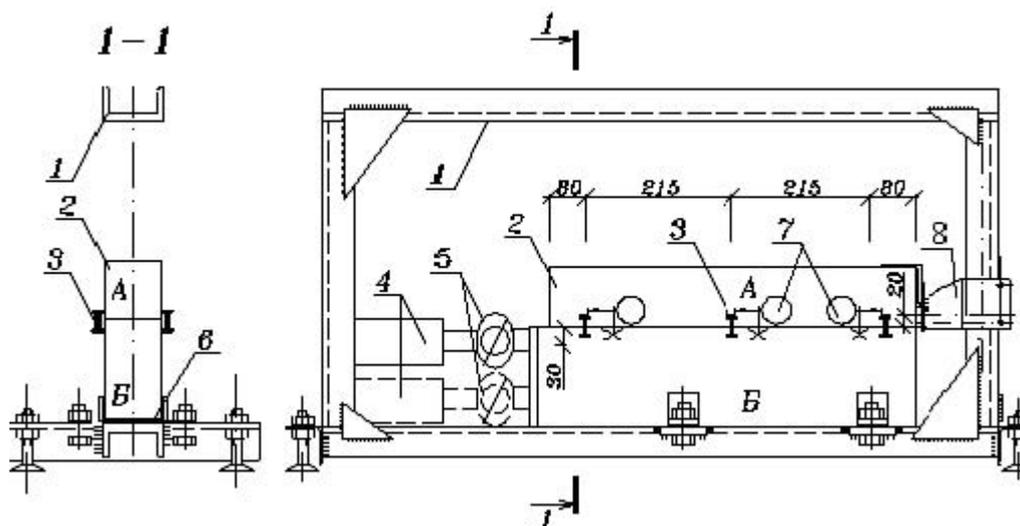


Рис 2. Общий вид (а) и схема (б) испытательной установки двухэлементного образца на сдвиг: А – элемент из бетона класса В10, Б – элемент из бетона класса В35;
1 – жесткая рама; 2 – испытываемый образец; 3 – тензометры; 4 – домкраты;
5 – динамометры; 6 – антифрикционная прокладка; 7 – индикаторы часового типа;
8 – неподвижный упор

Схема и режим испытаний опытных образцов принят следующий. При испытании верхний брус фиксируется упором (8) в установке от линейных горизонтальных смещений. Усилие прикладывается к нижнему элементу бруса, вызывая его сдвиг через подвижную опору относительно нижнего элемента бруса по плоскости контактной зоны двух различных бетонов. Для снижения сил трения по поверхности контакта нижнего слоя элемента и установки используются антифрикционные прокладки.

Нагрузка прикладывается поэтапно ступенями по 0,05 от разрушающей нагрузки, и образец доводится до разрушения.

В процессе нагружения осуществляется измерение усилий, перемещений и деформаций различных точек опытного образца.

Во время выдержки под нагрузкой производится тщательный осмотр поверхности образцов, и фиксируется величина нагрузки, местные смятия, появление и характер развития трещин, а также деформации бетонов и относительные смещения элементов. Данные показатели фиксируются в начале и конце каждого этапа нагрузок.

Для фиксации образования трещин предлагается использовать тензорезисторы, располагаемые в зоне контакта. Кроме того, контактная зона двух бетонов смачивается легко испаряющейся жидкостью. При появлении первой трещины жидкость проникает в нее и испаряется дольше, чем с открытой поверхности. Это позволяет сделать трещину видимой практически с момента ее образования.

Для измерения деформаций и перемещений в исследуемых образцах устанавливаются индикаторы часового типа с ценой деления 0,001-0,002 и электромеханические тензометры пластинчатого типа.

В процессе испытаний образцов индикаторами часового типа измеряются перемещения нижнего слоя бетона относительно верхнего в крайних и средних точках по длине шва, фиксируется нагрузка трещинообразования, характер образования и развития трещин. Измерения относительных смещений по поверхности контакта двух бетонов дублируется специально изготовленными электромеханическими тензометрами пластинчатого типа, установленными на базе 10 мм.

Предлагаемая схема расположения измерительных приборов представлена на рисунке 2.

Описанная методика и установка предназначены для использования при определении характеристик прочности и деформативности контактной зоны двух бетонов с различными физико-механическими свойствами. С ее помощью планируется выполнить экспериментальные исследования по определению прочностных и деформативных характеристик многослойных бетонных конструкций.

Литература

1. Чиненков Ю.В. Изгибаемые трехслойные ограждающие конструкции из легкого бетона для второго этапа теплозащиты зданий / Ю.В. Чиненков, Е.А. Король // Бетон и железобетон. – 1999. - № 3. – С. 2-5.
 2. Ивахнюк В.А. Энергосберегающие стеновые конструкции без гибких связей / В.А. Ивахнюк, В.И. Колчунов, Е.В. Осовских, В.Л. Курбатов // Вестник отделения строительных наук. - М.: РААСН, 1998.– Вып. 2.– С. 166-171.
 3. Бондаренко В.М. К вопросу об оценке силового сопротивления железобетона повреждению коррозионными воздействиями / В.М. Бондаренко, В.Н. Прохоров // Известия вузов. Строительство.– 1998.– № 2.– С. 1-6.
-
-

УДК 624.012.45

Докт. техн. наук, проф. Вл. И. Колчунов
(Национальный авиационный университет)

Украина, г. Киев

Асп. В. Н. Пимочкин

(Орловский государственный технический университет)

Россия, г. Орел

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ ПРИ СОПРОТИВЛЕНИИ РАСТЯНУТОГО БЕТОНА МЕЖДУ ТРЕЩИНАМИ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ ЭЛЕМЕНТЕ (ИЛИ ВСКРЫТИЕ ИСТИННЫХ ПРИЧИН РАСХОЖДЕНИЯ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЭЛЕМЕНТА, РАССЧИТЫВАЕМОГО ПО ТЕОРИИ В. И. МУРАШЕВА)

При изгибе железобетонного элемента его растянутая зона разделяется трещинами на участки длиной l_{cr} , и в сечениях с трещинами, как только они появились, растягивающие усилия воспринимаются продольной арматурой. В зоне максимальных моментов и при чистом изгибе трещины по длине балки располагаются на приблизительно равных расстояниях (рис. 1).

По высоте сечения деформации при изгибе в стадии II изменяются нелинейно, так как вследствие нарушения равновесия внутренних сил в момент разрыва бетона растянутой зоны появляются силы сдвига, искривляющие сечение. По длине элемента деформации сжатой и растянутой зон сечения и высота сжатой зоны также переменны, а нейтральная ось волнообразная (рис. 1).

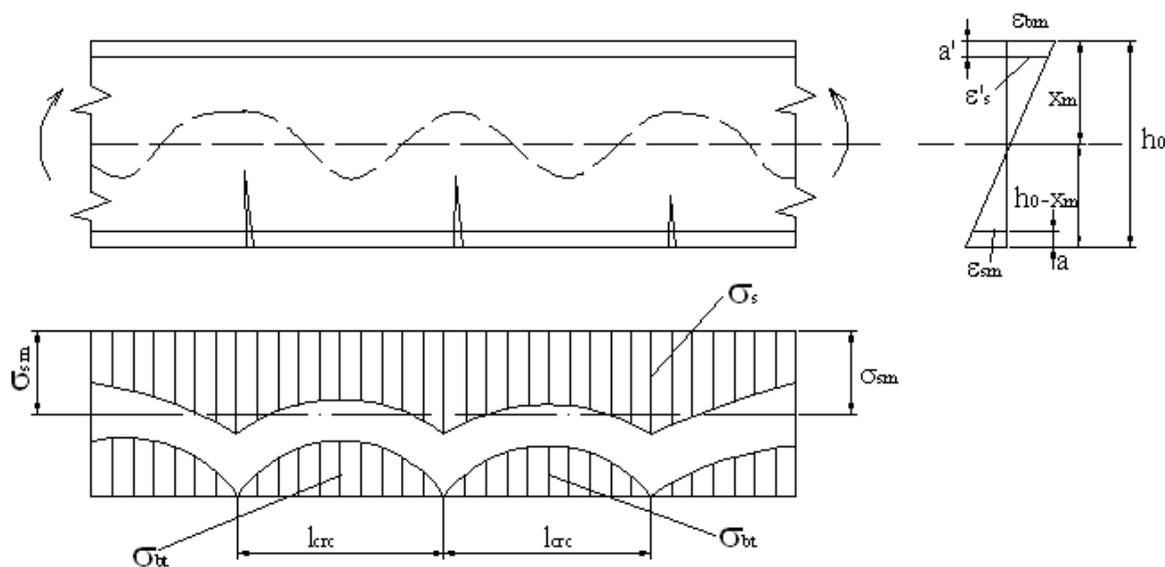


Рис. 1. Типичные картины деформирования бетона и арматуры между трещинами в железобетонном элементе по теории В.И. Мурашева [1]

Для средних сечений, расположенными на участках между трещинами и испытывающих симметричные воздействия слева и справа, может быть принята гипотеза плоских сечений. Исходя из средних деформаций ε_{bm} для края бетона сжатой зоны ε_{sm} для растянутой арматуры, находим среднюю высоту сжатой зоны

$$x_m = \frac{\varepsilon_{bm}}{\varepsilon_{sm} + \varepsilon_{bm}} h_0, \quad (1)$$

где h_0 - расстояние от центра тяжести сечения растянутой арматуры до сжатой грани бетона (рабочая высота сечения).

Зависимость между средней высотой сжатой зоны x_m и высотой сжатой зоны в сечении с трещиной x может быть выражена эмпирической формулой [1]:

$$\varphi\phi = \frac{x}{x_m} = 1 - \frac{0,7}{100\mu + 1}. \quad (2)$$

С увеличением коэффициента армирования $\mu = A_s / bh_0$ коэффициент φ стремится к единице.

В сечении с трещиной (рис. 2) напряжения, выраженные через деформации, будут: в растянутой арматуре – по формуле

$$\sigma_s = \varepsilon_s E_s = \frac{\varepsilon_{sm} E_s}{\psi_s} = \varepsilon_{sm} E_{sm}, \quad (3)$$

в бетоне у сжатой грани

$$\sigma_b = \varepsilon_{bm} \frac{E'_b}{\psi_b} = \varepsilon_{bm} \frac{\nu E_b}{\psi_b} = \frac{x_m \varepsilon_{sm} \nu E_b}{h_0 - x_m \psi_b}, \quad (4)$$

или

$$\sigma_b = \frac{\psi_s \nu x_m}{\alpha \psi_b h_0 - x_m} \sigma_s, \quad (5)$$

где ψ_b - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций бетона сжатой зоны на участке между трещинами, равный отношению средних деформаций бетона к деформациям в сечении с трещиной.

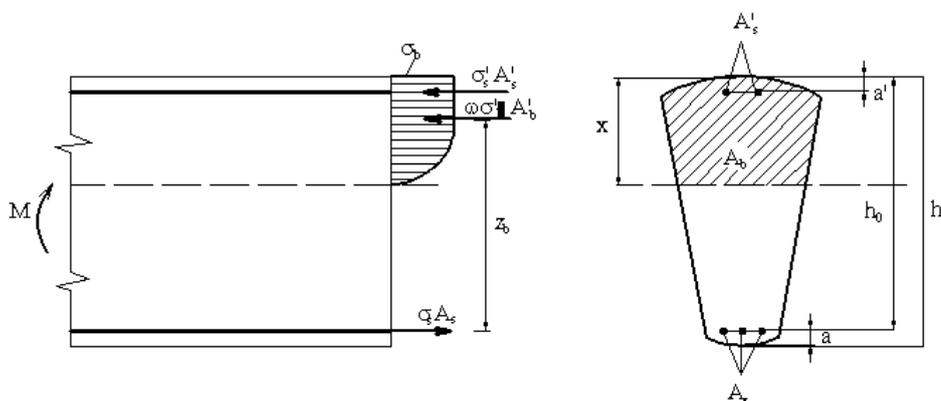


Рис. 2. Напряжения в бетоне и арматуре железобетонного элемента в сечении с трещиной

Исследования, проведенные в последние годы показали, что значение этого коэффициента близко к 0.9 – 1. Если же рассматривать сопротивление некоторого объема бетона, соизмеримого с расстоянием между трещинами, то анализ механизмов деформирования и разрушения позволяет принять значение этого коэффициента равным единице.

В сжатой арматуре

$$\sigma'_s = \frac{x_m - a'}{h_0 - x_m} \psi_s \sigma_s. \quad (6)$$

При любой симметричной форме сечения высота сжатой зоны над трещиной находится из условия равновесия (равенства растягивающих и сжимающих усилий):

$$\sigma_s A_s = \sigma'_s A'_s + \omega \sigma_b A_b, \quad (7)$$

где ω - коэффициент полноты объема криволинейной эпюры напряжений бетона сжатой зоны (для прямоугольного сечения ω изменяется от 0,5 при треугольной эпюре до 1 при прямоугольной); с развитием пластических деформаций бетона сжатой зоны величина ω стремится к единице.

После подстановки в уравнение (7) напряжений по формулам (5) и (6), сокращения на σ_s и алгебраических преобразований, получим уравнение:

$$A_s - \psi_s A_s \frac{x_m - a'}{h_0 - x_m} - \omega A_b \frac{\psi_s \nu x_m}{\alpha \psi_b h_0 - x_m} = 0. \quad (8)$$

В стадии II изгибающий момент в сечении с трещиной может быть выражен как момент внутренних усилий относительно центра тяжести сечения растянутой арматуры:

$$M = \omega \sigma_b A_b z_b + \frac{x_m - a'}{x_m} \cdot \frac{\alpha}{\nu} \sigma_b A_s' h_0 - a' = \sigma_b \left[\omega A_b z_b + \frac{x_m - a'}{x_m} \cdot \frac{\alpha}{\nu} A_s' h_0 - a' \right] = \sigma_b W_m, \quad (9)$$

или как момент внутренних усилий относительно центра тяжести эпюры сжатия в бетоне:

$$M = \sigma_s A_s z_b + \frac{x_m - a'}{h_0 - x_m} \psi_s \sigma_s A_s' z_b' = \sigma_s \left[A_b z_b + \frac{x_m - a'}{h_0 - x_m} \psi_s A_s' z_b' \right] = \sigma_s W_s, \quad (10)$$

где W_s, W_m - упруго-пластические моменты сопротивления железобетонного сечения в стадии II соответственно по растянутой и сжатой зонам.

Моменты сопротивления железобетонных сечений не являются только геометрическими понятиями (как в сопротивлении упругих материалов), они находятся в зависимости и от упруго-пластических характеристик составляющих материалов, но их размерность (см^3) и в этом случае чисто геометрическая.

Как следует из вышеприведенных формул, напряжения и внутренние усилия в железобетоне в значительной степени зависят от параметра ψ_s .

Таким образом, железобетон относится к материалам в которых при сопротивлении силовым и деформационным воздействиям образуются макротрещины. В инженерных расчётах наиболее удачно наличие трещин и сопротивление растянутого бетона между ними учитывается с помощью параметра ψ_s , введённого в теорию железобетона В.И. Мурашевым [1]. Тем не менее в усреднённом напряжённо-деформированном состоянии не учитываются эффекты, связанные с *нарушением сплошности материала*.

Анализ экспериментов позволил Я.М. Немировскому [2] выявить заметное расхождение внешних и внутренних усилий в поперечном сечении стержневого железобетонного элемента, рассчитываемого по теории В.И. Мурашева. Причиной этого Я.М. Немировский считал неучёт работы растянутого бетона над трещиной (рис. 3).

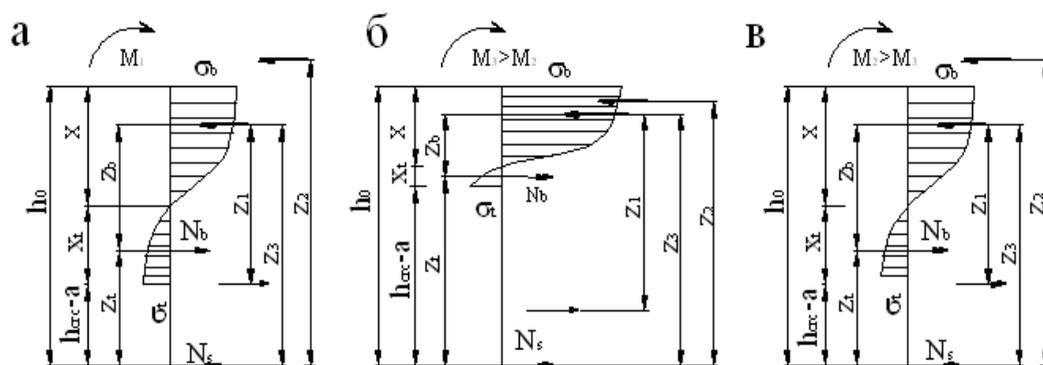
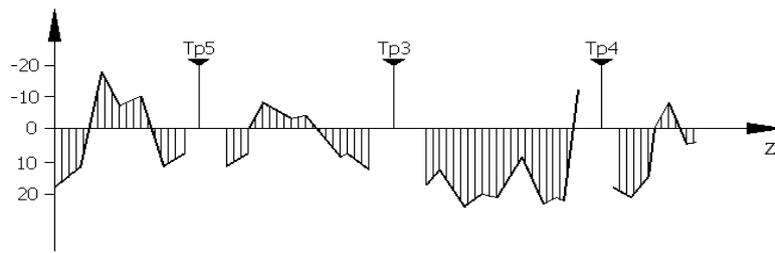


Рис. 3. Эффект работы растянутого бетона над трещиной (по оценке Я.М. Немировского) в обычно изгибаемом железобетонном элементе: а - появление трещин; б - процесс трещинообразования; в - стабилизация трещинообразования

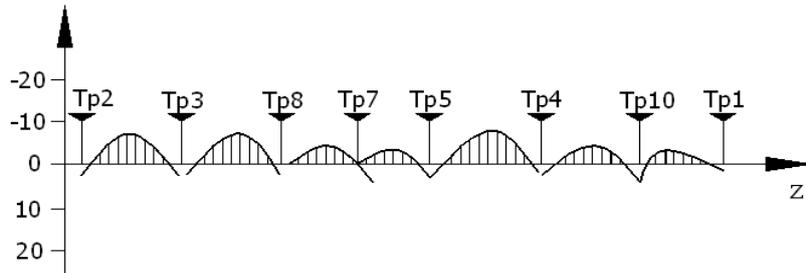
а Б1-1, опыты Я. М. Немировского

$\varepsilon_{bt} \cdot 10^5$



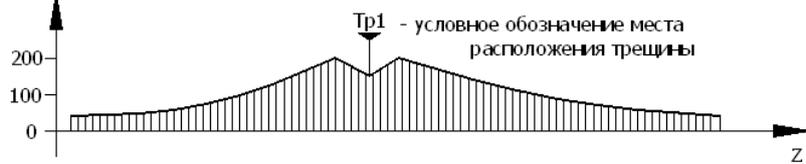
б БСМО 8-4, опыты В. Ф. Усманова

$\varepsilon_{bt} \cdot 10^5$

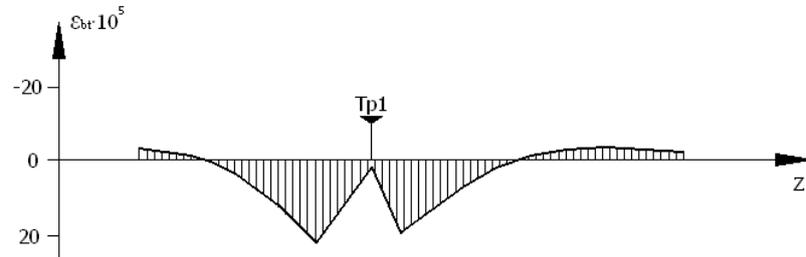


в ПО-15, опыты Б. Ш. Шамурдова

$\varepsilon_{st} \cdot 10^5$



г



д τ_g , Мпа

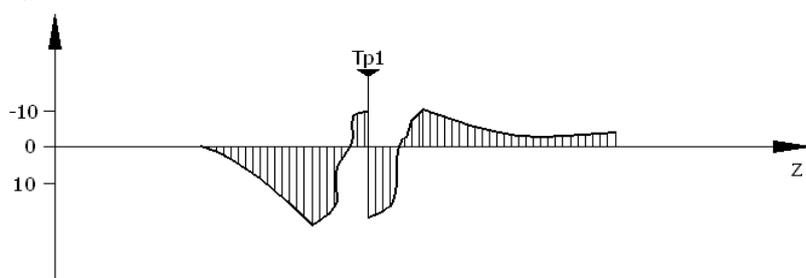


Рис. 4. Опытные эпюры деформаций и напряжений: а – деформации бетона между трещинами в опытах НИИЖБ; б – то же, в опытах НИИСК; в – деформации арматуры в зоне, прилегающей к трещине Тр1 в опытах НИИСК; г – то же, деформации бетона; д – то же, τ_g при $P = 39,23$ кН

Однако, как показали дальнейшие исследования, в ряде случаев, отмеченное расхождение усилий было настолько существенным, что уравновесить их учётом работы растянутого бетона над трещиной не представлялось возможным. Поэтому вполне естественным было обратить внимание на эффект, который проявляется в железобетонном элементе при нарушении сплошности бетона. Даже качественный характер профиля трещины железобетонном элементе (с уменьшением раскрытия на уровне оси арматуры подтверждает наличие такого эффекта. Характер эпюр $\varepsilon_{bt} z$, полученных в опытах с разнообразными тензорезисторами [3], а также в опытах других исследователей (см. рис. 4), показывает, что в зонах, прилегающих к трещине, деформации удлинения бетона переходят к деформации укорочения, касательные напряжения сцепления тоже изменяют знак. Лавинообразное раскрытие трещин (которое после нарушения сплошности материала можно рассматривать, как концентрированное деформационное воздействие) по треугольному профилю, характерному для бетонного элемента, в железобетоне сдерживается арматурой. В результате в системе, состоящей из бетонных блоков и арматуры, в окрестности трещин возникают реакции по контакту бетона и арматуры, вызванные указанным воздействием - *деформационный эффект*, названный при дальнейшем изложении *эффектом нарушения сплошности бетона*.

Анализ опытных данных (рис. 4) позволяет выявить характерные опытные эпюры деформаций бетона и арматуры на участке между трещинами (рис. 5 и рис. 6), включающие влияние этого эффекта.

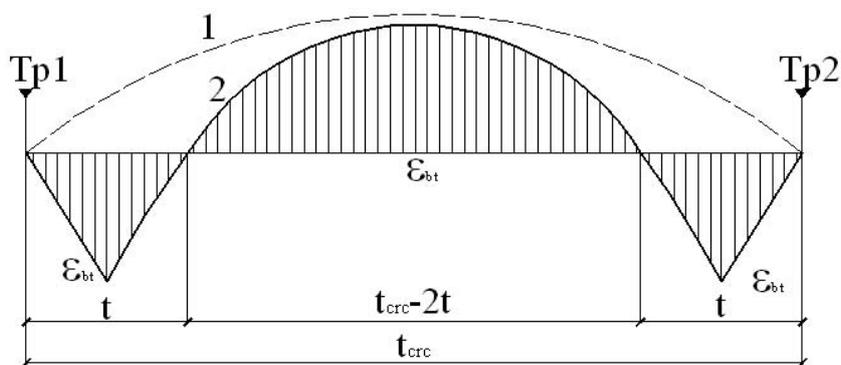


Рис.5. Характерные опытные эпюры деформаций бетона на боковой поверхности железобетонного элемента между поперечными трещинами, на уровне расположения оси растянутой арматуры: 1 и 2 – соответственно, эпюры, полученные с помощью отдельно установленных тензорезисторов (и принятые в теории В.И. Мурашева) и с помощью непрерывных цепочек тензорезисторов (в том числе малобазных 10–20 мм [3]);
 ▾ – условное обозначение мест расположения трещин

Выявленный эффект безусловно оказывает влияние на основной параметр железобетона ψ_s . Сразу после появления трещин в результате эффекта нарушения сплошности бетона максимум растягивающих напряжений в арматуре несколько смещается от сечения i с трещиной к сечению j (см. рис. 4, в и рис. 6). В результате отношение средних напряжений в арматуре (σ_{sm}) к напряжениям арматуры в трещине (σ_s), т.е. параметр ψ_s становится близким к единице, что и подтверждается опытами Я. М. Немировского [2]. По теории В. И. Мурашева [1] ψ_s после образования трещин минимальный, значение его достигает порядка 0,3.

Таким образом, расхождение между значениями ψ_s , определенных по теории В. И. Мурашева, и опытными значениями, в ряде случаев, может достигать двух и более раз.

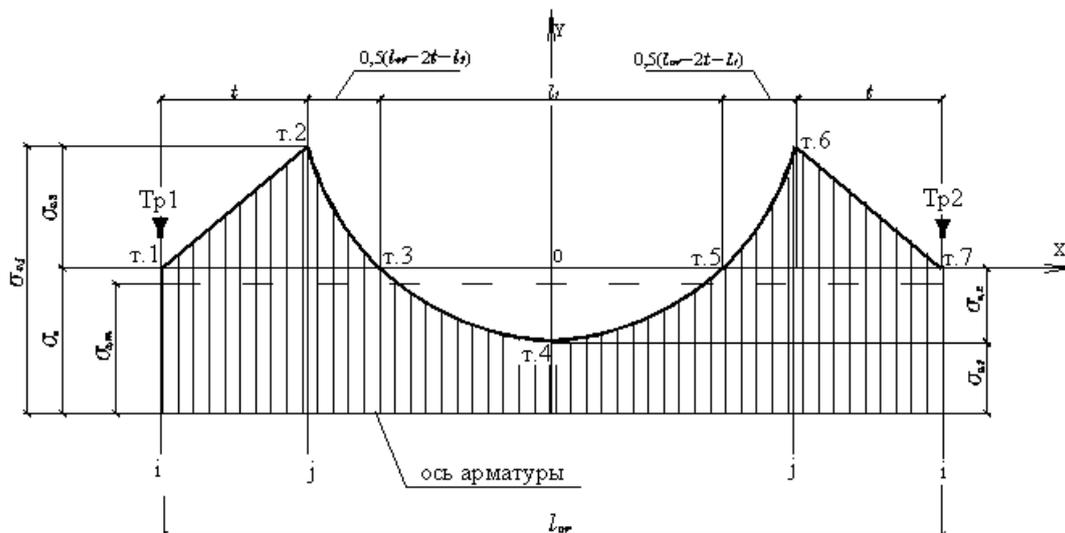


Рис. 6. Характерные опытные эпюры напряжений арматуры между поперечными трещинами на уровне расположения оси растянутой арматуры, полученные с помощью отдельно установленных тензорезисторов и с помощью непрерывных цепочек тензорезисторов (в том числе малобазных 10–20 мм [3]); ▾ – условное обозначение места расположения трещины

Теперь, располагая новыми эпюрами распределения деформаций и напряжений в растянутой арматуре (рис. 6) и бетоне (рис. 5), попытаемся внести исправления в формулы В.И. Мурашева. Из рис. 6 следует, что

$$\psi_s = \frac{1}{\sigma_s l_{crc}} \cdot \left[\sigma_s l_{crc} - \omega_1 \sigma_{s2} l_{crc} - 2t + 2\omega_2 \sigma_{s,j} - \sigma_s \cdot 0.5 \cdot l_{crc} - 2t - l_{crc} \right] + \frac{1}{\sigma_s l_{crc}} \cdot 2\omega_3 \sigma_{s,j} - \sigma_s \cdot t. \quad (11)$$

Здесь $\sigma_{s,j}$ - определяются из зависимостей механики разрушения, полученных применительно к железобетону [3]; t – в первом приближении (принимая во внимание принцип Сен-Венана) принимаются равными $1.5d$, где d – диаметр рабочей растянутой арматуры. При этом, если $d < 10\text{мм}$, то для тяжелого бетона из щебня фракции 5-10мм параметр t принимается равным $1.5 \cdot 10 = 15\text{мм}$. Для бетона из щебня фракции 10-20мм при $d < 20\text{мм}$, параметр t принимается равным $1.5 \cdot 20 = 30\text{мм}$.

Расстояние l_1 находится из условия, в соответствии с которым, изменение напряжений в растянутой арматуре между точками 2-6 принято по зависимости квадратной параболы. Тогда

$$l_1 = 2 \left[\frac{0.25 \sigma_{s2} l_{crc} - 2t}{\sigma_{s,j} - \sigma_s + \sigma_{s2}} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (12)$$

Приравнивая растягивающие усилия в сечении с трещиной и в середине расстояния между трещинами, получим:

$$\sigma_s A_s = \sigma_{s1} A_s + \sigma_{bt} A_{bt}. \quad (13)$$

Отсюда

$$\sigma_{s2} = \sigma_{bt} \cdot \frac{A_{bt}}{A_s} = \frac{\chi R_{bt}}{\mu} \left(1 - \frac{A_b}{A} \right). \quad (14)$$

После подстановки (14) в (11) и выполнения алгебраических преобразований, получим:

$$\psi_s = 1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{\chi R_{bt}}{\mu \sigma_s} \cdot \left(1 - \frac{A_b}{A} \right) \cdot \left(1 - \frac{2t}{l_{crc}} \right) + \left(\frac{\sigma_{s,j}}{\sigma_s} - 1 \right) \left[\frac{1}{3} \cdot \left(1 - \frac{2t}{l_{crc}} - \frac{l_1}{l_{crc}} \right) + \frac{t}{l_{crc}} \right]. \quad (15)$$

Здесь $\omega_1 = \frac{2}{3}$; $\omega_2 = \frac{1}{3}$; $\omega_3 = 0.5$.

Таким образом, в результате проведенного анализа, выявлена истинная причина расхождения внешних и внутренних усилий в поперечном сечении железобетонного элемента, рассчитываемого по теории В. И. Мурашева и существенно уточнена формула для определения основного параметра ψ_s , учитывающего сопротивление “растянутого” бетона между трещинами.

Литература

1. Мурашев В.И. Трещиностойчивость, жёсткость и прочность железобетона.– М.: Машстройиздат, 1950.- 268 с.
2. Немировский А.М. Исследование напряжённо-деформированного состояния железобетонных элементов с учётом работы растянутого бетона над трещинами и пересмотр на этой основе теории расчёта деформаций и раскрытия трещин // Прочность и жёсткость железобетонных конструкций: Сб. трудов / Под ред. А.А. Гвоздева. – М.: Стройиздат, 1968.– С. 152-173.
3. Верюжский Ю. В. Методы механики железобетона: Учебное пособие / Ю.В. Верюжский, В.И. Колчунов. – К.: Книжкове вид- во НАУ, 2005. – 653 с.

УДК 539.30

Докт. техн. наук, проф. А. В. Коробко, асп. В. В. Гефель, студ. А. А. Чикулаев
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел

СПОСОБ И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФОРМЫ ДЛЯ ОБЛАСТЕЙ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ УЧАСТКАМИ КОНТУРА

При решении двумерных задач строительной механики [1] и математической физики [2] используется интегральная характеристика формы плоской области – коэффициент формы, который определяется по формуле

$$K_{fa} = \oint_L \frac{ds}{h}, \tag{1}$$

где ds - линейный элемент контура области;

h – высота, опущенная из полюса внутри области на касательную к переменной точке контура (рис. 1).

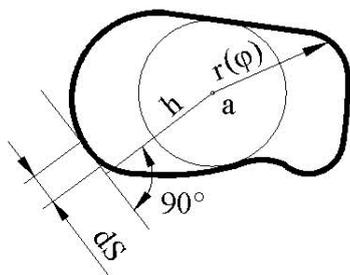


Рис. 1

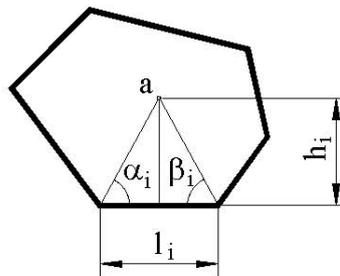


Рис. 2

Для областей с криволинейным контуром коэффициент формы можно найти из выражения [2]:

$$K_{fa} = \int_L \frac{ds}{h} = \int_0^{2\pi} \left(1 + \frac{r'^2}{r^2}\right) d\varphi, \quad (2)$$

где $r = r(\varphi)$ – полярное уравнение контура области с полюсом в точке «а». Для областей с полигональным контуром из выражения (1) получим:

$$K_{fa} = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{h_i} = \sum_{i=1}^n \text{ctg} \alpha_i + \text{ctg} \beta_i, \quad (3)$$

где n – количество сторон многоугольника, а остальные принятые обозначения понятны из рис. 2. Для областей, имеющих криволинейные и прямолинейные участки контура, используется комбинация формул (1) и (2).

Известно [2], что для выпуклой фигуры функции (1)...(3) имеют один глобальный экстремум, то есть $\min K_{fa} = K_f$. Эта минимальная характеристика обычно и применяется при решении практических задач строительной механики и математической физики.

Программный комплекс для вычисления коэффициента формы областей с полигональным контуром нами разработан. Для областей же с криволинейными участками контура такой комплекс пока не разработан, ввиду значительных математических трудностей при проведении интегрирования по каждому криволинейному участку, уравнение которого может быть задано самым произвольным образом.

В настоящей статье мы предлагаем общий приближенный способ определения коэффициента формы области с криволинейными участками контура. Суть его заключается в следующем.

Выбрав полюс полярной системы координат, разбиваем заданную область на n секторов так, чтобы секущие лучи проходили через ее вершины (рис. 3). Будем считать, что на каждом i -м участке кривая контура описывается уравнением логарифмической спирали

$$r = Ae^{c\varphi}, \quad (4)$$

где A и c – некоторые постоянные для каждого n -го участка контура, которые могут быть найдены, если известны уравнения сторон заданной области в выбранной системе координат. Пусть, например, известны радиусы r_{i-1} и r_i . Тогда подставляя их в уравнение спирали и решая совместно два полученных уравнения, найдем:

$$c_n = \frac{\ln r_i/r_{i-1}}{\Delta\varphi_i}; \quad A_i = \frac{r_i}{e^{c\varphi_i}}. \quad (5)$$

где принятые обозначения понятны из рис. 3.

Коэффициент формы для фигуры, изображенной на рис. 3, можно подсчитать по формуле

$$K_f = \sum_i^n \int_{\varphi_{i-1}}^{\varphi_i} \left(1 + \frac{r'^2}{r^2}\right) d\varphi = 1 + \sum_i^n \int_{\varphi_{i-1}}^{\varphi_i} \frac{r'^2}{r^2} d\varphi \quad (6)$$

Подставляя в формулу (6) уравнение логарифмической спирали (4), получим:

$$K_f = \sum_i^n \int_{\varphi_{i-1}}^{\varphi_i} \left(1 + \frac{r'^2}{r^2}\right) d\varphi = 1 + \sum_i^n c_i^2. \quad (7)$$

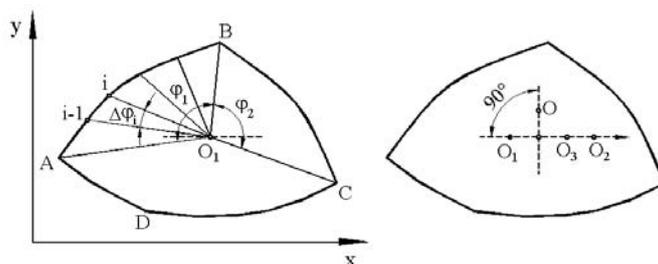


Рис. 3

Шаг разбиения заданной фигуры выбирается в зависимости от точности вычисления коэффициента формы.

Алгоритм вычисления коэффициента формы при численной реализации предлагаемого способа на ЭВМ будет состоять из следующей последовательности операций.

1. Записываются уравнения каждого характерного участка заданной области в прямоугольной системе координат, расположенной произвольно относительно этой области.

2. Выбирается произвольный полюс O_1 внутри заданной области и направление последующего итерационного процесса.

3. Записывается уравнение каждого участка контура заданной области в новой системе координат.

4. Каждый сектор области разбивается на n равных частей и вычисляется величина $\Delta\phi_i$.

5. Вычисляются радиальные координаты r_i точек разбиения на контуре каждого сектора.

6. По формуле (5) вычисляются значения параметра s_i .

7. По формуле (7) вычисляется значение коэффициента формы для полюса O_1 .

8. Выбирается шаг итерации и следующее положение полюса O_2 .

9. Выполняются вычисления по пп. 3...8.

10. Сравниваются значения K_f , полученные для полюсов O_1 и O_2 .

11. Выбирается положение полюса O_3 в зависимости от результата сравнения.

12. Повторение цикла 3...11 до достижения требуемой точности вычисления $\min K_f$ по выбранному направлению итерационного процесса.

13. Наметьте новое направление итерационного процесса, перпендикулярное предыдущему.

14. Повторение цикла 3...13 до нахождения координаты полюса, обеспечивающего глобальный минимум K_f , и подсчет значения K_f .

Если заданный контур имеет криволинейные и прямолинейные участки, то описанный алгоритм применяется для криволинейных участков, а для прямолинейных участков для каждого положения полюса необходимо подсчитать соответствующие значения котангенсов углов, образованных секущими лучами и сторонами полигона.

Создание программного комплекса по указанному алгоритму позволит подсчитывать значения коэффициента формы для любой плоской области с выпуклым контуром.

Литература

1. Коробко А.В. Геометрическое моделирование формой области в двумерных задачах теории упругости. – М.: Изд-во АСВ, 1999. – 302 с.

2. Полия Г. Изопериметрические неравенства в математической физике / Г. Полия, Г. Сеге. – М.: Госматиздат, 1962. – 336 с.

УДК 624.012

Канд. физ.- мат. наук, доц. *Е. А. Ларионов*
(Московский институт коммунального хозяйства и строительства)
Россия, г. Москва

Докт. техн. наук, проф., акад. РААСН *В. М. Бондаренко*
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СИЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При расчете железобетонных сооружений специфика бетона и железобетона – внутренняя статическая неопределенность, перераспределение усилий во времени между сечениями, развитие собственных напряжений, трещинообразование и т. п. – усложняет дифференцированный учет всех факторов, влияющих на силовое сопротивление и поэтому для реальных нелинейно и неравновесно деформируемых железобетонных конструкций используются интегральные методы теории железобетона [1], [2], позволяющие применение линейной строительной механики для решения задач расчета этих конструкций. Сжатая и растянутая зоны железобетонных элементов имеют разный механизм силового сопротивления и поэтому целесообразно их рассматривать отдельно.

Пусть элемент имеет неоднородное напряженно - деформированное состояние и нормальные напряжения $\sigma_{z,v,t}$ меняются по высоте сечения \sum_v от нуля на нейтральной оси до экстремального значения $\sigma_{\phi v,t}$ на фибровом слое его сжатой зоны, высота которой равна x . Здесь v - абсцисса сечения вдоль длины элемента.

Для усилия на сжатую часть сечения \sum_{vc} имеем

$$N_{v,t} = \int_0^x \sigma_{z,v,t} b z dz \quad (1)$$

где $b z$ – ширина сечения.

Если $\varepsilon_{z,v,t}$ - относительная силовая деформация на высоте z , то работа сил, порождаемых нормальными напряжениями $\sigma_{z,v,t}$ в сечении \sum_{vc} , задается выражением

$$P_{v,t} = \int_0^x \sigma_{z,v,t} \varepsilon_{z,v,t} b z dz \quad (2)$$

Величину $P_{v,t}$ можно рассматривать как работу усилия $N_{v,t}$ на некотором относительном перемещении $\varepsilon_{ин v,t}$ сжатой части \sum_{vc} сечения \sum_v . Это естественная предпосылка влечет равенство

$$P_{v,t} = N_{v,t} \varepsilon_{ин v,t} \quad (3)$$

Деформация $\varepsilon_{ин v,t}$ в силу (2) и (3) эквивалентна в энергетическом смысле совокупности относительных деформаций всех точек \sum_{vc} и представляет интегральную оценку этих деформаций.

Введя усредненное на \sum_{vc} нормальное напряжение

$$\sigma_{v,t} = \frac{N_{v,t}}{A_{vc}} \quad (4)$$

где A_{vc} - площадь \sum_{vc} , представим интегральную относительную деформацию в виде

$$\varepsilon_{ин} v,t = \frac{\sigma v,t}{E_{ин} v,t} \quad (5)$$

Величина $E_{ин} v,t$ является интегральным модулем деформаций сечения Σ_{vc} .
Согласно (3), (4) и (5)

$$E_{ин} v,t = \frac{N^2 v,t}{A_{vc} P v,t} \quad (6)$$

$$E_{ин} v,t = \frac{\left[\int_0^x \sigma z,v,t b z dz \right]^2}{\left[\int_0^x b z dz \right] \int_0^x \sigma z,v,t \varepsilon z,v,t b z dz} \quad (7)$$

Для вычисления интегральных оценок $\varepsilon_{ин} v,t$ и $E_{ин} v,t$ необходимы законы изменения деформаций и нормальных напряжений по высоте сжатой зоны. Если принять зависимости [2]

$$\sigma z,v,t = r_\sigma z \sigma_\phi v,t ; \varepsilon z,v,t = r_\varepsilon z \varepsilon_\phi v,t ,$$

где $\sigma_\phi v,t$ и $\varepsilon_\phi v,t$ - нормальное напряжение и относительная деформация фибрового слоя сжатой зоны, то согласно (7)

$$E_{ин} v,t = \varphi v,x E_\phi v,t \quad (8)$$

$$\varphi v,x = \frac{\left[\int_0^x r_\sigma z b z dz \right]^2}{A_c \cdot \int_0^x r_\sigma z r_\varepsilon z b z dz} \quad (9)$$

В (8) величина $E_\phi v,t = \sigma_\phi v,t / \varepsilon_\phi v,t$ есть фибровый временный модуль деформаций [2].

Возьмем важные в приложениях закономерности

$$\varepsilon v,v,t = z/x^{n_\varepsilon} \cdot \varepsilon_\phi v,t \quad (10)$$

$$\sigma z,v,t = z/x^{n_\sigma} \sigma_\phi v,t \quad (11)$$

Здесь $n_\varepsilon v,t$ - параметр, отображающий депланацию сечений, связанную с наличием поперечных сил

$$n_\sigma v,t = 1 - 1 - f_0 \sigma_\phi / R_{np} \quad \text{или} \quad n_\sigma v,t = 1 - 1 - f_0 m / m_{np} \quad (12)$$

есть параметр нелинейности нормальных напряжений.

В (12) $f_0 = E_R^k / E_0^k$ - параметр нелинейности, определяемый отношением касательных модулей при данном нагружении и в момент разрушения, R_{np} - предел призмной прочности фибрового волокна, m и m_{np} - действующий и предельный по прочности бетона фибрового волокна изгибающие моменты для рассматриваемой зоны Σ_{vc} .

Заметим, что $n_\varepsilon = 1$ соответствует гипотезе плоских сечений. Для простоты выкладок рассмотрим характерный случай балки прямоугольного нормального сечения высоты h и ширины b .

Согласно (1), (2), (3), (4), (5) и (7) получим

$$N v,t = b \int_0^x z/x^{n_\sigma} \cdot \sigma_\phi v,t dz = \frac{bx \sigma_\phi v,t}{1 + n_\sigma} \quad (13)$$

$$P v,t = b \int_0^x z/x^{n_\sigma + n_\varepsilon} \cdot \sigma_\phi v,t \varepsilon_\phi v,t dz = \frac{bx \sigma_\phi v,t \varepsilon_\phi v,t}{1 + n_\sigma + n_\varepsilon} \quad (14)$$

$$\varepsilon_{ин} v,t = \frac{1 + n_\sigma}{1 + n_\varepsilon + n_\sigma} \cdot \varepsilon_\phi v,t \quad (15)$$

$$\sigma_{v,t} = \frac{\sigma_{\phi, v,t}}{1+n_{\sigma}} \quad (16)$$

$$E_{ин, v,t} = \frac{1+n_{\varepsilon}+n_{\sigma}}{1+n_{\sigma}} \cdot E_{\phi, v,t} \quad (17)$$

В работе [1] использован другой подход для вывода интегрального модуля деформаций. Рассматривается соотношение

$$\varepsilon^{ин} z, v, t = \frac{\sigma z, v, t}{E^{ин} v, t} \quad (18)$$

где $E^{ин} v, t$ - искомый интегральный модуль деформаций, который находится с помощью минимизации по $1/E^{ин} v, t$ квадратичного m -моментного отклонения

$$\Delta = \varepsilon z, v, t - \varepsilon^{ин} z, v, t \quad (19)$$

В результате этой процедуры получено [1], [2]

$$E^{ин} v, t = \frac{\int_p^q [\sigma b z z^m]^2 dz}{\int_p^q \sigma \varepsilon [b z z^m]^2 dz} \quad (20)$$

где p и q - пределы z по сечению.

Интересно отметить, что для сжатой зоны \sum_{vc} изгибаемого элемента прямоугольного сечения при $m=0$

$$E^{ин} v, t = \frac{1+n_{\varepsilon}+n_{\sigma}}{1+2n_{\sigma}} \cdot E_{\phi, v, t} \quad (21)$$

Согласно (17) и (21)

$$\frac{E^{ин} v, t}{E_{ин} v, t} = \frac{1+2n_{\sigma}+n_{\sigma}^2}{1+2n_{\sigma}} = 1 + \frac{n_{\sigma}^2}{1+2n_{\sigma}} \quad (22)$$

При $\sigma_{\phi}/R_{np} \rightarrow 1$ или $m/m_{np} \rightarrow 1$ в силу (12) имеем, что $n_{\sigma} \rightarrow f_0$ и, поскольку $0,05 < f_0 < 0,17$, интегральные модули $E^{ин} v, t$ и $E_{ин} v, t$ для достаточно малых n_{σ} практически совпадают.

В силу (3) имеем соотношение

$$\varepsilon_{ин} v, t = \frac{1+n_{\sigma}}{1+n_{\varepsilon}+n_{\sigma}} \cdot \varepsilon_{\phi} v, t \quad (23)$$

являющееся уравнением механического состояния сжатой зоны элемента.

Литература

1. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона.– Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1968.– 324 с.
2. Бондаренко В.М. Инженерные методы нелинейной теории железобетона / В.М. Бондаренко, С.В. Бондаренко. – М.: Стройиздат, 1982. – 287 с.

УДК 624.15

Канд. физ.-мат. наук, доц. Л. М. Масеев

(Московский государственный университет путей сообщения – МИИТ)
Россия, г. Москва

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ СТЕНОК ГРУНТОВОЙ ПОЛОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УПЛОТНЯЕМОЙ ПОЛИМЕРБЕТОННОЙ СМЕСИ

Круговая цилиндрическая полость конечной глубины заполняется слоем полимербетона, который уплотняется радиальными колебаниями от рабочего органа, расположенного вдоль оси цилиндра. В предположениях плоского напряженного состояния и осесимметричности решение задачи о нахождении компонент тензоров деформации и напряжений в смеси приведено в [1]. В частности, на границе смеси и грунта для радиальной компоненты σ_r тензора напряжений получена формула

$$\sigma_r, l, t = \sigma_0 \sin \lambda t + \varphi \quad (1)$$

Здесь введены обозначения

$$\sigma_0 = -Q \frac{q}{l} \quad Q = 2G \frac{1-\nu}{1+\nu} \sqrt{A^2 + B^2}; \quad \cos \varphi = \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}; \quad \sin \varphi = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}};$$

$$A = 1 + \sqrt{2}D - \frac{\alpha}{1 + \lambda^2 \theta^2} (1 + 2\sqrt{2}D) - \frac{\alpha^2 \sqrt{2}}{1 + \lambda^2 \theta^2} (\lambda^2 \theta^2 - \frac{1}{1 + \lambda^2 \theta^2}) D;$$

$$B = \alpha \frac{\lambda \theta}{1 + \lambda^2 \theta^2} (1 + 2\sqrt{2}D) - \alpha^2 2\sqrt{2} \frac{\lambda \theta}{(1 + \lambda^2 \theta^2)^2} D. \quad (2)$$

$$D = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n (n + \frac{1}{4})^{\frac{3}{2}}}{(n + \frac{1}{4})^2 - b^2} D_n; \quad D_n = \int_0^1 \frac{1}{x} J_1(\mu_n x) dx;$$

$$\alpha = \frac{2}{3} \alpha_1 \frac{1-2\nu}{1-\nu}; \quad b^2 = \frac{(1-2\nu)(1+\nu)}{\pi^2(1-\nu)} \frac{l^2 \lambda^2}{a^2}; \quad \alpha_1 = \frac{E - E_{\infty}}{E}, \quad a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

В обозначения (2) входят следующие геометрические и физические величины: λ и q - частота и амплитуда гармонических колебаний рабочего органа, расположенного вдоль оси цилиндрической полости, l - радиус цилиндрической полости, G - мгновенный модуль сдвига, ν - коэффициент Пуассона, φ - угол сдвига фазы колебаний напряжения относительно колебаний рабочего органа, θ - время релаксации, J_1 - бесселева функция первого рода первого порядка, μ_n - ее корни, a - скорость звука в смеси, E - мгновенный модуль упругости, E_{∞} - длительный модуль упругости, ρ - плотность смеси.

При уплотнении смеси все ее параметры являются функциями времени. Но, так как частота колебаний рабочего органа обычно велика, то при получении результатов (1), (2) параметры смеси можно считать постоянными («замороженными»), а в конечных результатах учитывать их зависимость от времени. Кроме того, предполагалось, что состояние смеси подчиняется реологическому уравнению Максвелла – Томпсона [2].

На границе смесь – грунт в результате возникших напряжений происходит перемещение этой границы, которое при однократном воздействии напряжений мало, что позволяет для получения результатов (1), (2) считать это перемещение равным нулю. Тогда задачу о перемещениях в грунте решать как задачу о воздействии возникших напряжений в полимербетонной смеси. Таким образом, радиус цилиндрической полости в полученном решении о колебаниях смеси можно в дальнейшем считать

переменной величиной. Основанием таких предположений является несравнимость характерных времен колебательных процессов в смеси и смещения границы смесь – грунт.

Задача о перемещении в слое грунта требует рассмотрения волновых осесимметричных процессов в упругопластической среде при периодическом (1) воздействии со стороны полимербетонной смеси, что математически представляет большие трудности [3]. Поэтому рассматривается модель грунта как жесткопластического тела и используются энергетические соотношения для определения глубины воздействия смеси на грунт, при этом распределение остаточных деформаций аппроксимируется некоторой функцией на основании экспериментальных и теоретических исследований.

Модель грунта при сжатии как идеального жесткопластического тела пригодна, если пластическая деформация значительно превышает упругую деформацию, если допустимо пренебречь влиянием скорости деформации, если упрочнение незначительно [3]. Эти условия обычно выполняются для грунтов, не имеющих жестких связей скелета [4]. Примем, что $\sigma_s < 0$ есть напряжение текучести при сжатии. При $\sigma_s < \sigma_r$ ($\sigma_r < 0$) сжатие грунта не происходит. Только при $\sigma_r \leq \sigma_s$ происходит деформация сжатия, причем при $\sigma_r < \sigma_s$ требуется рассматривать задачу в динамической постановке, так как в статике материал «не держит» такое напряжение. Заметим, что на границе смесь – грунт напряжение σ_r , согласно (1), может быть как растягивающим, так и сжимающим. Из постановки задачи в данной работе следует, что растягивающее напряжение в смеси не воздействует на грунт в силу отсутствия специального сцепления смеси с грунтом.

Если сжимающее напряжение $\sigma_0 < 0$, определяемое в (1), (2), оказывается большим $\sigma_s < 0$, то, согласно (1), воздействие нормального сжимающего напряжения σ_r на границе смесь – грунт не приводит к деформированию грунта. Следовательно, только при условии

$$\sigma_0 \leq \sigma_s < 0 \tag{3}$$

из уравнения

$$\sigma_0 \sin \lambda t + \varphi = \sigma_s \tag{4}$$

могут быть найдены моменты времени t_1, t_2 в пределах одного цикла колебаний

$$t_1 = -\frac{\varphi}{\lambda} + \frac{1}{\lambda} \arcsin \frac{\sigma_s}{\sigma_0}; \quad t_2 = -\frac{\varphi}{\lambda} - \frac{1}{\lambda} \arcsin \frac{\sigma_s}{\sigma_0} + \frac{\pi}{\lambda} \tag{5}$$

такие, что в промежуток времени t_1, t_2 на грунт воздействует сжимающее напряжение, которое по абсолютной величине превосходит модуль предела текучести $|\sigma_s|$.

Круговая цилиндрическая полость заполняется слоем полимербетона, высота которого равна h и меньше глубины полости. Вводим цилиндрические координаты r, φ, z , причем на дне полости $z = 0$, на поверхности слоя $z = h$, а ось z совпадает с осью полости. Пусть в начальный момент времени радиус полости равен l . В силу осесимметричности задачи достаточно рассмотреть воздействие на грунт колебаний смеси, расположенной в секторе, ограниченном поверхностями $z = 0, z = h, \varphi = \varphi_1, \varphi = \varphi_2, r = l$, причем воздействие осуществляется через круговую цилиндрическую поверхность $r = l$. При одноцикловом воздействии смеси происходит пластическая деформация объема грунта, ограниченного поверхностями $z = 0, z = h, \varphi = \varphi_1, \varphi = \varphi_2, r = l, r = l + s$, причем величина s является неизвестной.

Используем следующие энергетические соображения. Обозначим через u r перемещение в объеме грунта, которое является следствием работы напряжений (1) на поверхности грунта $r = l$. Кроме того, работа напряжений (1) расходуется на преодоление сил трения на поверхностях $z = 0$ и $z = h$. Таким образом, получаем энергетическое соотношение

$$A_1 = A_2 + A_3 \tag{6}$$

где A_1 - работа напряжения (1) при перемещении u цилиндрической поверхности $r = l$,

A_2 - работа на деформациях объема грунта (энергия деформации),

A_3 - работа сил трения на верхней $z = h$ и нижней $z = 0$ поверхностях объема грунта.

Работа A_1 напряжений (1) на границе раздела смеси и грунта на поверхности $r = l$ за промежуток времени t_1, t_2 может быть записана в виде

$$A_1 = - \int_{t_1}^{t_2} \sigma_r l, t F_1 w t dt \quad (7)$$

где F_1 - площадь круговой цилиндрической поверхности $r = l$,
 $w t$ - скорость ее перемещения.

Знак минус возникает из-за того, что $\sigma_r l, t < 0$ при $t_1 \leq t \leq t_2$. Так как $F_1 = l \varphi_2 - \varphi_1 h$, то из (7) получаем

$$A_1 = -l \varphi_2 - \varphi_1 h \int_{t_1}^{t_2} \sigma_r l, t w t dt = -l \varphi_2 - \varphi_1 h \sigma_{cp} \int_{t_1}^{t_2} w t dt \quad (8)$$

причем σ_{cp} определяется так называемой обобщенной теоремой о среднем для определенного интеграла [5] по формуле

$$\int_{t_1}^{t_2} \sigma_r l, t w t dt = \sigma_r l, c \int_{t_1}^{t_2} w t dt = \sigma_{cp} \int_{t_1}^{t_2} w t dt \quad (9)$$

Здесь $t_1 < c < t_2$, $w t \geq 0$ и

$$\sigma_{cp} = \sigma_r l, c \quad (10)$$

есть среднее значение напряжения (1) в промежутке времени t_1, t_2 , причем

$$\sigma_{cp} \leq \sigma_s < 0 \quad (11)$$

Далее имеем

$$\int_{t_1}^{t_2} w t dt = \int_{t_1}^{t_2} du = u t_2 - u t_1 = u_1 \quad (12)$$

Здесь u_1 - перемещение границы раздела $r = l$. В итоге получаем

$$A_1 = -l \varphi_2 - \varphi_1 \sigma_{cp} u_1 \quad (13)$$

Так как грунт рассматривается как идеальное жесткопластическое тело, то возникающие деформации являются остаточными $\varepsilon_{oct} r$, а напряжение равно σ_s . Тогда для энергии деформации A_2 имеем

$$A_2 = \varphi_2 - \varphi_1 \int_l^{l+s} \sigma_s \varepsilon_{oct} r h r dr = \sigma_s h \varphi_2 - \varphi_1 \int_l^{l+s} r \varepsilon_{oct} r dr \quad (14)$$

Обозначим через T величину силы трения в грунте, приходящуюся на единицу площади. Тогда работа сил трения A_3 на верхней $z = h$ и на нижней $z = 0$ поверхностях объема грунта равна

$$A_3 = 2 \varphi_2 - \varphi_1 \int_l^{l+s} T r u r dr = 2T \varphi_2 - \varphi_1 \int_l^{l+s} r u r dr \quad (15)$$

Из (6) с учетом (13), (14), (15) получаем

$$-lh \sigma_{cp} u_1 = \sigma_s h \int_l^{l+s} r \varepsilon_{oct} r dr + 2T \int_l^{l+s} r u r dr \quad (16)$$

Уравнение (16) содержит две неизвестные величины: перемещение $u r$ в грунте и глубину объема деформируемого грунта s в направлении оси r .

Опираясь на численные теоретические и экспериментальные результаты [6], функция перемещения $u r$ может быть достаточно точно аппроксимирована следующим образом

$$u r = \frac{u_1}{s^k} l + s - r^k \quad (17)$$

Здесь u_1 есть перемещение границы l смеси и грунта, $k > 0$ - постоянная величина. Отметим, что $u l = u_1$, $u l + s = 0$. Из (17) для остаточной деформации $\varepsilon_{oct} r$ получаем

$$\varepsilon_{oct} r = \frac{\partial u}{\partial r} = -\frac{u_1 k}{s^k} l + s - r^{k-1} \quad (18)$$

Такого вида распределение остаточной деформации при динамических воздействиях является характерным [6]. С учетом (17), (18) из (16) получаем квадратное уравнение для определения глубины s слоя деформированного грунта при однократном воздействии колебаний сектора полимербетона на грунт.

$$\frac{2T}{k+1} s^2 + \left(\frac{2Tl}{k+1} - \frac{\sigma_s h}{k+1} \right) s + hl \sigma_{cp} - \sigma_s = 0 \quad (19)$$

Так как величина s не может быть отрицательной, из (19) получаем единственное решение

$$s = \frac{-\left(\frac{2Tl}{k+1} - \frac{\sigma_s h}{k+1} \right) + \sqrt{\left(\frac{2Tl}{k+1} - \frac{\sigma_s h}{k+1} \right)^2 - \frac{8Thl}{k+1} \sigma_{cp} - \sigma_s}}{4T} \quad (20)$$

причем $\sigma_{cp} \leq \sigma_s < 0$. В частности, при $\sigma_{cp} = \sigma_s$ имеем $s = 0$.

Таким образом, при однократном воздействии колебаний полимербетонной смеси на грунт радиус полости от дна до высоты h станет равным $l + u_1$, а глубина вдоль оси r объема грунта, где произошло деформирование определяется из (20). На следующем цикле воздействия колебаний смеси на грунт может быть применена вышеописанная процедура с единственной поправкой: радиус полости от дна до высоты h предполагается равным $l + u_1$. Тогда амплитуда σ_0 в (1) равна

$$\sigma_0 = -Q \frac{q}{l + u_1}, \quad (21)$$

а в формуле (20) полагаем $l = l + u_1$. В следующем цикле $l = l + u_1 + u_2$ и т.д. В результате в процессе колебаний амплитуда σ_0 возрастает (заметим, что $\sigma_0 < 0$), так как растет радиус полости от дна до высоты h . Из (5) следует, что t_1, t_2 стремятся к $\left(\frac{\pi}{2\lambda} - \frac{\varphi}{\lambda} \right)$, а из (10) следует, что при некотором радиусе полости R имеем

$$\sigma_{cp} = \sigma_r \left(R, \frac{\pi}{2\lambda} - \frac{\varphi}{\lambda} \right) = \sigma_0 \quad (22)$$

причем амплитуда колебаний смеси равна

$$\sigma_0 = -Q \frac{q}{R} = \sigma_s \quad (23)$$

Из (23) получаем окончательный результат

$$R = -\frac{Qq}{\sigma_s} \quad (24)$$

Величина R определяет радиус полости, при котором деформирование грунта от колебаний полимербетонной смеси не происходит: из (20) при учете (23), (24) следует, что $s = 0$. Если в начальный момент радиус полости от дна до высоты h равен l , то увеличение его равно $R - l$.

Литература

1. Масеев Л.М. Определение деформаций и напряжений в уплотняемой среде при радиальном распространении возмущений от рабочего органа // Проблемы обеспечения безопасности строительного фонда России: Материалы III междуна. академич. чтений.– Курск: КурскГТУ, 2004.– С. 132-135.
2. Ржаницын А.Р. Теория ползучести.– М.: Стройиздат, 1968.
3. Качанов Л.М. Основы теории пластичности.– М.: Наука, 1969.
4. Шукле К.Н. Вопросы реологии грунтов.– М.: Стройиздат, 1975.
5. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления.– М.: Наука, 1969.– Т. 2.
6. Рахматуллин Х.А. Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках / Х.А. Рахматуллин, Ю.А. Демьянов.– М.: Физматгиз, 1961.

УДК 624.041.5

Канд. техн. наук, доц. А.И. Никулин, асп. Е.А. Блинников
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ С МАЛЫМИ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТАМИ КОРОТКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ТРАНСФОРМИРОВАНИЮ ДИАГРАММ СЖАТИЯ БЕТОНА

Исследованию напряженно-деформированного состояния (НДС) железобетонных колонн, элементов рамных систем, ферм и других видов конструкций посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных ученых. Но подавляющее большинство из них изучает особенности деформирования внецентренно сжатых железобетонных элементов только при больших эксцентриситетах. Гораздо менее исследованным остается случай приложения к сжатому элементу продольной силы с малым эксцентриситетом [1 ÷ 5]. При этом под внецентренным сжатием с малым эксцентриситетом будем подразумевать такое НДС в сечении железобетонного элемента, при котором в бетоне и арматуре не возникает растягивающих напряжений на всех этапах нагружения этого элемента вплоть до разрушения.

Для определения прочности коротких внецентренно сжатых железобетонных конструкций принят вариант деформационной расчетной модели, предложенной в работе [6]. В основу этой модели положен энергетический подход к трансформированию эталонной диаграммы кратковременного сжатия бетона в диаграмму его деформирования при неоднородном (внецентренном) сжатии (рис. 1).

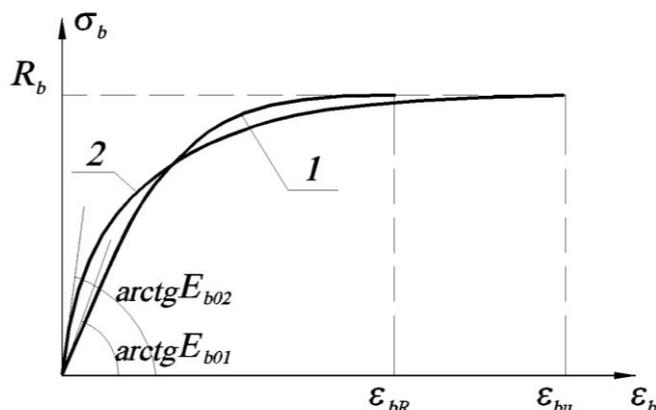


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона при центральном (кривая 1) и неоднородном сжатии (кривая 2)

В качестве эталонной диаграммы бетона при центральном сжатии принимаем нелинейную зависимость с начальным модулем упругости E_{b01} , проходящую через предельную точку с координатами R_b и ε_{bR} (см. рис. 1, кривая 1). Для аналитического описания такой диаграммы используем дробно-рациональную функцию вида:

$$\sigma_b = E_{b01} \varepsilon_b (1 + D_{b01} \varepsilon_b) / (1 + C_{b01} \varepsilon_b), \quad (1)$$

где D_{b01} , C_{b01} – параметры нелинейности деформирования центрально сжатого бетона, получаемые экспериментально-теоретическим путем; σ_b , ε_b – текущие значения напряжений и деформаций бетона при сжатии.

Для нахождения указанных параметров диаграмм центрального сжатия бетона используются как экспериментальные данные, так и общепринятые теоретические предпосылки.

К параметрам, определяемым экспериментально в ходе испытания стандартных бетонных образцов, относятся следующие:

- предельные сопротивления бетона центральному сжатию R_b ;
- нормативный модуль упругости бетона при сжатии E_{bn} , величина которого устанавливается при напряжениях $\sigma_b = 0,3R_b$;
- предельные относительные деформации бетона сжатию ε_{bR} .

Входящий в зависимость (1) начальный модуль упругости E_{b01} отличается от нормативного модуля E_{bn} , который по существу является секущим модулем деформаций бетона при сжатии. Для нахождения величины E_{b01} и параметров нелинейности D_{b01} , C_{b01} используются следующие зависимости:

$$E_{b01} = \frac{E_{bn}}{0,7} \left(1 - \frac{0,3R_b}{E_{bn} \varepsilon_{bR}} \left(2 - \frac{R_b}{E_{bn} \varepsilon_{bR}} \right) \right), \quad (2)$$

$$D_{b01} = -R_b / E_{b01} \varepsilon_{bR}^2, \quad (3)$$

$$C_{b01} = E_{b01} / R_b - 2 / \varepsilon_{bR}. \quad (4)$$

Диаграмму деформирования бетона при внецентренном сжатии с малым эксцентриситетом (см. рис. 1, кривая 2) получим путем трансформирования исходной (эталонной) диаграммы на основе использования энергетического критерия. Для аналитического описания искомой диаграммы принимается функция, аналогичная (1) с учетом замены индексов принадлежности: вместо $b01$ подставляем $b02$.

Для определения неизвестных параметров диаграммы деформирования бетона при неоднородном сжатии (E_{b02} , D_{b02} , C_{b02}) и соответствующей величины предельной относительной деформации (ε_{bu}) приняты следующие гипотезы и допущения:

- для предельной стадии деформирования бетона при внецентренном сжатии с малым эксцентриситетом деформация волокна, проходящего через центр тяжести эпюры сжимающих напряжений, равна предельной деформации бетона при центральном сжатии ε_{bR} ;

- исчерпание прочности внецентренно сжатого железобетонного элемента происходит при достижении наиболее напряженным фибровым волокном в сечении этого элемента предельной величины относительной деформации ε_{bu} с одновременным исчерпанием сопротивления бетона сжатию R_b ;

- для внецентренно сжатого с малым эксцентриситетом железобетонного элемента предельная деформативность бетона ε_{bu} не является константой и в основном [2, 4, 5] зависит от параметров армирования сечения и относительного эксцентриситета приложения продольной силы e_0/h ;

- предельное значение удельной энергии деформирования бетона при неоднородном сжатии равно удельной энергии, накапливаемой в сечении центрально сжатого бетонного образца непосредственно перед его разрушением;

- зависимость, описывающая диаграмму неоднородного сжатия бетона, имеет экстремум в точке с координатами $\sigma_b = R_b$ и $\varepsilon_b = \varepsilon_{bu}$.

Принятые гипотезы позволяют перейти к рассмотрению расчетной модели для определения прочности короткого внецентренно сжатого с малым эксцентриситетом железобетонного элемента прямоугольного сечения (рис. 2).

Для её аналитического отображения наряду с выше перечисленными принимаем гипотезы и допущения, которые являются традиционными для деформационной расчетной модели [7].

Уравнения равновесия имеют вид:

$$N_u = \omega_c b h R_b + \sigma'_s A'_s + \sigma_s A_s, \quad (5)$$

$$N_u e_0 = \omega_c b h R_b (0,5h - \gamma_c h) + \sigma'_s A'_s (0,5h - a') - \sigma_s A_s (0,5h - a), \quad (6)$$

где N_u – искомое продольное усилие, соответствующее исчерпанию прочности внецентренно сжатого железобетонного элемента; e_0 – эксцентриситет продольного усилия относительно оси симметрии прямоугольного сечения; b, h – размеры поперечного сечения элемента; σ'_s, σ_s – величины напряжений, соответственно, в наиболее сжатой и менее сжатой арматуре; ω_c, γ_c – интегральные геометрические характеристики эпюры напряжений в сжатой зоне бетона.

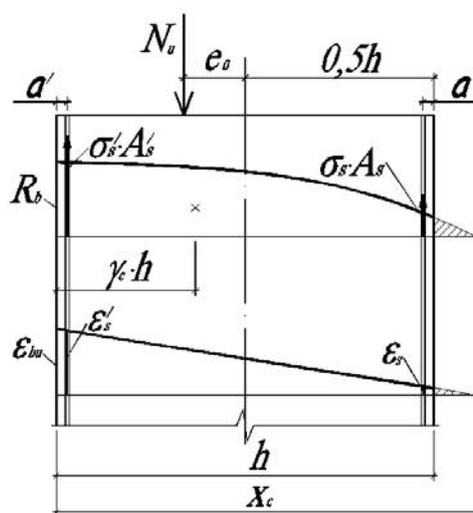


Рис. 2. Схема распределения деформаций, напряжений и усилий в поперечном сечении короткого внецентренно сжатого с малым эксцентриситетом железобетонного элемента на стадии исчерпания прочности

Коэффициент полноты эпюры напряжений в бетоне (ω_c) и относительное расстояние от центра тяжести этой же эпюры до наиболее напряженного волокна (γ_c) находятся с использованием интегральных зависимостей

$$\omega_c = \frac{1}{h R_b} \int_0^h \sigma_{bz} dz, \quad (7)$$

$$\gamma_c = \frac{\int_0^h \sigma_{bz} z dz}{h \int_0^h \sigma_{bz} dz}. \quad (8)$$

С учетом гипотезы плоских сечений для рассматриваемого железобетонного элемента записываются следующие условия совместности деформаций:

$$\frac{\epsilon_{bu}}{x_c} = \frac{\epsilon'_s}{x_c - a'}, \quad (9)$$

$$\frac{\varepsilon_{bu}}{x_c} = \frac{\varepsilon_s}{x_c - h + a}, \quad (10)$$

где x_c – условная высота сжатой зоны бетона (см. рис. 2).

Физические уравнения для бетона включают зависимости, полученные из условий прохождения диаграммы неоднородного деформирования бетона, соответственно, через нулевую точку с начальным модулем упругости E_{b02} и через экстремальную точку с координатами R_b , ε_{bu} :

$$D_{b02} = -\frac{R_b}{E_{b02}\varepsilon_{bu}^2}, \quad (11)$$

$$C_{b02} = \frac{E_{b02}}{R_b} - \frac{2}{\varepsilon_{bu}}. \quad (12)$$

Соотношение, полученное на основе гипотезы о деформации "среднего" волокна эпюры напряжений бетона, имеет следующий вид

$$\frac{\varepsilon_{bR}}{\varepsilon_{bu}} = 1 - \gamma_c \frac{h}{x_c}. \quad (13)$$

Из гипотезы о равенстве удельных энергий деформирования бетона при центральном и внецентренном сжатии получаем уравнение

$$\int_0^{\varepsilon_{bR}} \sigma_b d\varepsilon = \frac{1}{h} \int_0^h \int_0^{\varepsilon_{bz}} \sigma_b d\varepsilon dz. \quad (14)$$

Напряжения в арматуре σ'_s и σ_s находятся с помощью кусочной функции, рекомендуемой в работе С.А. Мадатяна [8].

В результате решения полученной системы уравнений определяются искомые характеристики диаграммы неоднородного сжатия бетона (E_{b02} , C_{b02} , D_{b02} , ε_{bu}) и параметры НДС внецентренно сжатого железобетонного элемента, в том числе продольное усилие N_n , соответствующее исчерпанию прочности этого элемента.

Для проведения качественной и количественной оценки результатов, получаемых в рамках предлагаемого варианта деформационной расчетной модели, были разработаны общий алгоритм и программа расчета "Column_1" для персонального компьютера.

В качестве исследуемого образца был принят короткий ($l = 1200$ мм) шарнирно закрепленный железобетонный элемент с размерами поперечного сечения $b \times h = 300 \times 300$ мм. В ходе численного эксперимента варьировали следующими исходными данными: классом бетона (В15; В30; В60), относительным эксцентриситетом приложения продольной силы, классом сжатой симметрично расположенной в поперечном сечении элемента арматуры (А-III; А-IV) и её процентным содержанием (0,35 %; 1,40 %; 2,74 %). В итоге общий объем рассчитываемых элементов составил 98.

Выполненные расчеты позволили выявить влияние различных факторов на НДС внецентренно сжатых с малыми эксцентриситетами железобетонных элементов для стадии исчерпания прочности и установить при этом следующие закономерности:

- граничные значения эксцентриситетов приложения продольной силы $e_0 = e_{гр.}$ для неармированных элементов составили для варьируемых классов бетона, соответственно, 13,8 мм, 15,5 мм и 18,2 мм, что значительно меньше величины ядрового расстояния, рассчитываемого по теории сопротивления материалов, $e_{гр.} = h/6 = 50$ мм. При этом с ростом прочности бетона граничный эксцентриситет увеличивается, что объясняется более слабым проявлением пластических свойств у высокопрочных бетонов по сравнению с низкопрочными. Аналогичные данные были получены Э.П. Брыжатым [1] при проведении экспериментов на бетонных призмах средней прочности и Б.А. Лукьяненьковым [3], обобщившим результаты собственных и чужих исследований по внецентренному сжатию применительно к элементам из высокопрочных бетонов;

- использование симметричного армирования сечения сжатого элемента позволяет увеличить граничные эксцентриситеты. Наибольший рост их значений наблюдается у железобетонных элементов из бетона класса В15. Для варьируемых процентов армирования сечения (0 %; 0,35 %; 1,40 %; 2,74 %) получены следующие граничные эксцентриситеты: 13,8 мм, 20,6 мм, 36,3 мм, 39,2 мм. Влияние

армирования на величину граничного эксцентриситета было экспериментально выявлено в работе Д.Р. Маиляна [4];

– с увеличением эксцентриситета приложения продольной силы e_0 от 0 (центральное сжатие) до значения граничного эксцентриситета предельные относительные деформации бетона при неоднородном сжатии (ε_{bu}) увеличиваются от значения ε_{bR} , полученного при центральном сжатии, до максимального значения, соответствующего предельной величине сжимаемости бетона при изгибе. Так для неармированного элемента из бетона класса В30 при действии продольной силы с эксцентриситетами 0 мм, 3 мм, 10 мм и 15,5 мм получены следующие значения предельных относительных деформаций бетона: $1,535 \cdot 10^{-3}$; $2,073 \cdot 10^{-3}$; $2,646 \cdot 10^{-3}$; $2,782 \cdot 10^{-3}$. Аналогичные результаты представлены в работах В.В. Дегтерёва, Ю.А. Гагарина [2], Д.Р. Маиляна [4] и А.Б. Пирадова, В.И. Аробелидзе, Т.Г. Хуцишвили [5];

– выявлено незначительное (4...6 %) влияние симметричного армирования на предельную сжимаемость бетона (ε_{bu}) при одном и том же ($e_0 < e_{гр.}$) эксцентриситете приложения продольной силы. При этом максимальное значение этой характеристики бетона достигается при граничном эксцентриситете ($e_0 = e_{гр.}$) и не зависит от армирования;

– максимальное снижение несущей способности бетонных элементов (N_u) при малых эксцентриситетах происходит в относительно небольшом диапазоне для всех классов бетона (от 12 до 15 %);

– наличие симметричного армирования сечения приводит к росту несущей способности внецентренно сжатых с малыми эксцентриситетами элементов. Так, при содержании арматуры 0,35 % в сечении элемента из бетона класса В15 обеспечивается рост величины N_u на 7...9 %, а при армировании 2,74 % – на 63...81 %. Для элементов из высокопрочного бетона (В60) при тех же процентах армирования получены следующие диапазоны увеличения несущей способности, соответственно, 2,5...3 % и 22...24 %. Это свидетельствует о нецелесообразности применения больших процентов армирования для внецентренно нагруженных с малыми эксцентриситетами железобетонных элементов из высокопрочных бетонов;

– применение в сечении внецентренно сжатых с малыми эксцентриситетами элементов арматуры класса А-IV вместо А-III при одинаковом проценте армирования практически не влияет на их несущую способность (0,5 ... 3 %).

В заключение уместно отметить, что использование представленного варианта расчетной модели в практике проектирования в виде инженерной методики определения несущей способности внецентренно сжатых с малыми эксцентриситетами железобетонных элементов должно также учитывать влияние их гибкости, условий закрепления, а также эффектов старения и ползучести бетонов, что является предметом для последующих исследований авторов.

Литература

1. Брыжатый Э.П. Исследование трещиностойкости и некоторых вопросов прочности коротких внецентренно сжатых с малыми эксцентриситетами бетонных и железобетонных элементов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – М.: НИИЖБ, 1969. – 18 с.

2. Дегтерёв В.В. О закономерностях изменения напряженного состояния высокопрочного бетона при внецентренном сжатии / В.В. Дегтерёв, Ю.А. Гагарин // Бетон и железобетон.– 1979.– № 3.– С. 28-31.

3. Лукьяненко Б.А. Работа внецентренно сжатых железобетонных элементов из высокопрочных материалов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01.– М.: ВЗИСИ, 1987.– 24 с.

4. Маилян Д.Р. Зависимость предельной деформативности бетона от армирования и эксцентриситета сжимающего усилия // Бетон и железобетон.– 1980.– № 9.– С. 11-12.

5. Пирадов А.Б. К расчету несущей способности внецентренно сжатых элементов / А.Б. Пирадов, В.И. Аробелидзе, Т.Г. Хуцишвили // Бетон и железобетон.– 1986.– № 1.– С. 43-44.

6. Никулин А.И. Применение энергетических соотношений при построении расчетной модели для определения несущей способности сечений изгибаемых железобетонных элементов / А.И. Никулин, В.И. Колчунов // Вестник центрального регионального отделения РААСН.– Воронеж – Иваново: РААСН, 2005.– Вып. 4.– С. 99-106.

7. Залесов А.С. Деформационная расчетная модель железобетонных элементов при действии изгибающих моментов и продольных сил / А.С. Залесов, Е.А. Чистяков, И.Ю. Ларичева // Бетон и железобетон.– 1996.– № 5.– С. 16-18.

УДК 624.012

*Соискатель Г.А. Сафонов**(Орловский государственный технический университет)**Россия, г. Орел**Докт. техн. наук, проф. Вл. И. Колчунов**(Национальный авиационный университет)**Украина, г. Киев*

СПЕЦИФИКА ПРАКТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ОБВЯЗОЧНОГО РИГЕЛЯ НА ДЕЙСТВИЕ КРУЧЕНИЯ С ИЗГИБОМ

Одним из достаточно эффективных направлений решения проблемы теплозащиты зданий, развиваемых Российской академией архитектуры и строительных наук в последние годы, можно считать направление, связанное с разработкой и проектированием ширококорпусных жилых домов нового поколения. Вертикальными элементами жесткости здесь служат связевые сборные панели внутренних стен и доборные элементы наружных стен - обвязочные ригели, образующие с внутренними поперечными стеновыми панелями замкнутый пространственный элемент жесткости здания. Для предотвращения промерзания элементов перекрытий, выходящих на наружную поверхность фасада, в консольной части обвязочных ригелей устраиваются проемы, заполняемые эффективным утеплителем. Самонесущие стены с поэтажной разрезкой предусмотрены из эффективных конструкционно-изоляционных изделий мелкоштучного типа: полистиролбетонные, пенобетонные блоки с наружной штукатуркой или облицовкой из кирпича. Таким образом, анализ конструктивной и расчетной схемы показывает, что железобетонные обвязочные ригели испытывают сложное сопротивление кручения с изгибом.

При действии крутящих моментов в железобетонном элементе образуется спиральная трещина, которая в пределах трех граней элемента вместе с замыкающей ее сжатой зоной по четвертой грани образует пространственное сечение. При этом возможны три схемы расположения сжатой зоны: у верхней грани элемента сжатой от изгиба (схема I), у боковой грани элемента, параллельной плоскости изгиба (схема II), у нижней грани элемента, растянутой от изгиба (схема III). Применительно к обвязочному ригелю здесь имеются свои особенности (рис. 1).

Расположение силовых линий касательных напряжений подобно характеру распределения скоростей течения жидкости при вращательном движении ее в сосуде, имеющем форму поперечного сечения скручиваемого бруса. Такое подобие, называемое *гидродинамической аналогией*, облегчает построение силовых линий касательных напряжений. Из него, в частности, следует, что с приближением ко входящим углам контура поперечного сечения стержня (угол б на рис.2) напряжения при кручении резко возрастают (концентрация напряжений), так как возрастают скорости движения жидкости около таких углов. Для уменьшения этих напряжений входящие углы целесообразно заменять *выкружками*. Около внешних углов (углы 1-5 на рис.2) происходит застой жидкости, и, следовательно, касательные напряжения там равны нулю.

Вследствие наличия концентрации касательных напряжений во входящих углах контура поперечного сечения стержня, здесь (из-за слабого сопротивления бетона сдвигу) возникают трещины.

Поэтому в практических расчетах для сложных сечений пренебрегают частью сечения, прилегающей к более длинным сторонам элемента, имеющего наибольшую толщину (здесь возникают наибольшие касательные напряжения, которые “выключают” остальную часть сечения из активного сопротивления). Это особенно характерно для схемы II (здесь преобладающим является крутящий момент T сопротивления железобетонных элементов кручению (см. рис.1,з и рис.3,б-в).

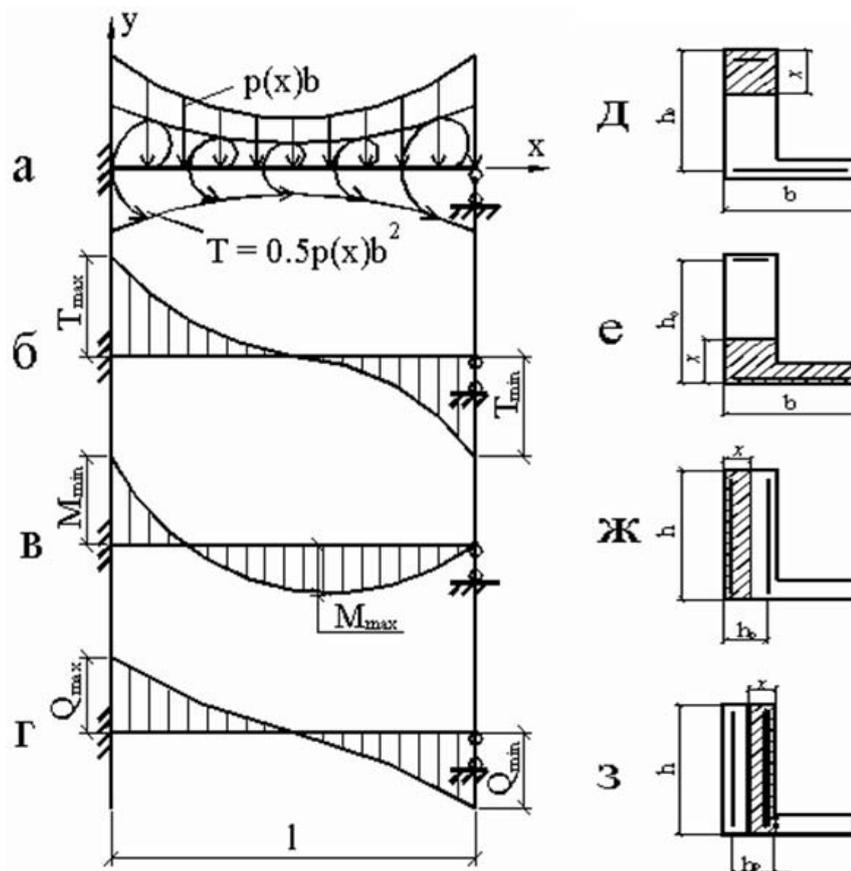


Рис. 1. К расчёту обвязочного ригеля на изгиб с кручением: а – расчётная схема; б-г – эпюры T , M , Q , соответственно; д-з – схемы расположения сжатой зоны

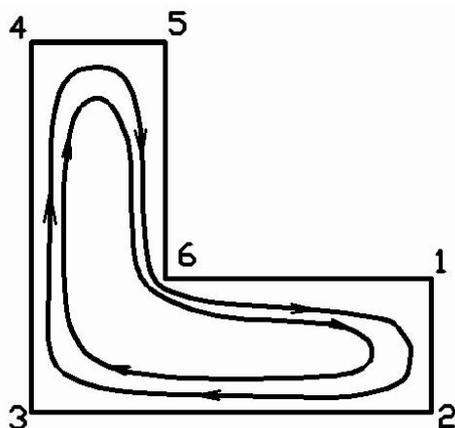


Рис. 2

Гидродинамическая аналогия построения силовых линий касательных напряжений - с приближением к входящим углам контура поперечного сечения стержня напряжения при кручении резко возрастают, так как возрастают скорости движения жидкости около таких углов

Такие излишне осторожные рекомендации норм могут быть откорректированы, если принять во внимание следующее.

Во-первых, необходимо учитывать концентрацию угловых деформаций во входящих углах контура поперечного сечения стержня с использованием коэффициента концентрации k , определяемого численными исследованиями для рассматриваемого типа сечения с помощью метода конечных элементов или с помощью метода потенциала (последнее наиболее эффективно). При этом отклонение от линейного распределения угловых деформаций наблюдается на участке t , соизмеримом с меньшим из размеров толщины стержня b или ширины h_1 , примыкающей полки – рис. 4.

При относительно больших размерах b и h_1 , размер t связан с внутренней структурой материала и принимается равным $3d$, где d – размер крупного заполнителя бетона. Если напряжение $k \tau$ становится большим, чем $\tau_{b,u}$, то оно полагается равным последнему, а коэффициент k полагается равным единице.

Во-вторых (рис. 5), к моментам сопротивления прямоугольников, составляющих поперечное сечение вводятся коэффициенты пластичности ϕ_{pl} , учитывающие изменение W_t от единицы (при упругом сопротивлении $W_t = bh^2/3$ – треугольная эпюра τ_b) до 1.5 при пластическом сопротивлении с аппроксимирующей прямоугольной эпюрой касательных напряжений, $W_t = bh^2/2$. Наиболее точным при определении W_t является учет действительной диаграммы связи “ $\tau - \gamma$ ” (рис. 5, в):

$$W_t = bx\omega_z z, \tag{1}$$

где z – плечо крутящей пары сил между точкой приложения равнодействующей касательных напряжений в сжатом бетоне и точкой приложения равнодействующей в растянутой зоне железобетонного элемента при отсутствии трещин.

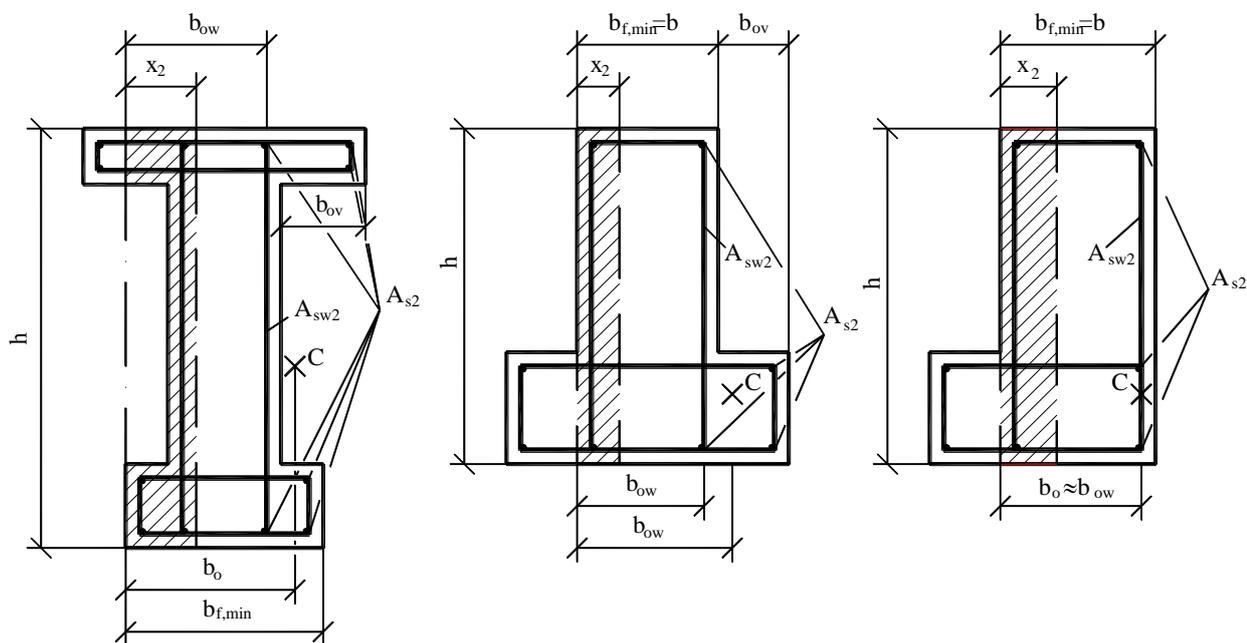


Рис. 3. Схемы расположения сжатой зоны в пространственном сечении 2-й схемы железобетонного элемента двутаврового, таврового и Г-образного сечений, работающего на кручение с изгибом С – центр тяжести продольной растянутой арматуры

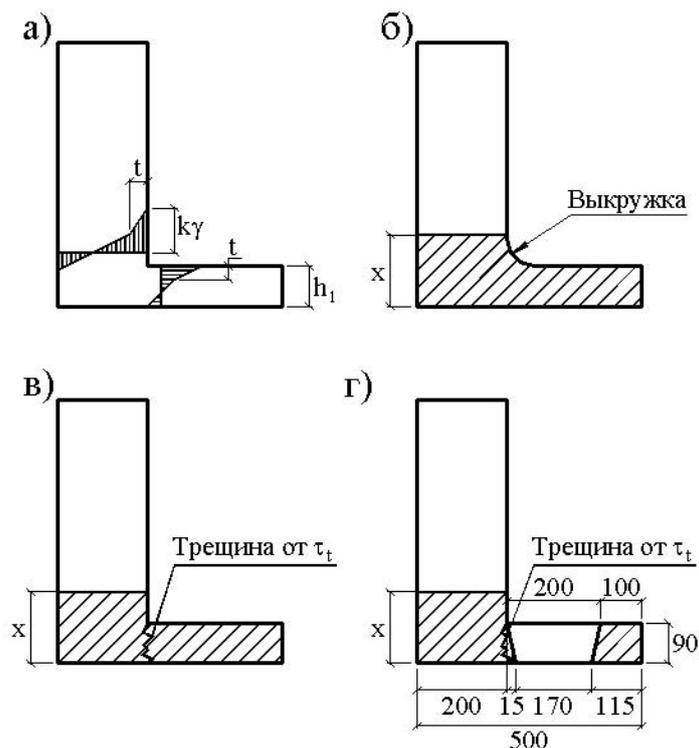


Рис. 4. Влияние концентрации угловых деформаций на сопротивление зоны сопряжения ребра с полкой железобетонного стержня: а – концентрация угловых деформаций на участке t эпюры γ_b ; б – устройство выкружек для снижения концентрации угловых деформаций; в, г – трещины, вызванные концентрацией угловых деформаций в поперечных сечениях железобетонного обвязочного ригеля без окон и при наличии окон, соответственно

В-третьих, при φ_{pl} большем 1.5, вследствие плохого сопротивления бетона сдвигу, необходимо учитывать наличие трещины, отделяющей полку от ребра (рис. 4) в поперечном сечении железобетонного элемента. В этом случае суммирование прямоугольников при подсчете W_t выполняется как для составного сечения. При наличии трещин параметр W_t определяется по формуле

$$W_t = bx\omega_\tau h_0 - \alpha x, \quad (2)$$

где $h_0 - \alpha x$ – плечо крутящей пары сил между точкой приложения равнодействующей касательных напряжений в сжатом бетоне и точкой приложения равнодействующей “нагельных усилий” в растянутой арматуре. Заметим, что альтернативная формула, по которой W_t можно выразить через “нагельные усилия” в растянутой арматуре [3], более сложная и менее точная, ввиду громоздкости определения “нагельного эффекта” в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Результаты экспериментальных исследований [2] показывают, что распределение угловых деформаций в сечениях, проходящих по граням ребра и полки, хотя и не соответствует гипотезе плоских сечений, но все же больше приближается к двухзначному (рис. 6) – характерному для стержней, чем к сложному – присущему плитам и балкам-стенкам. Более того, отклонение от гипотезы плоских сечений наблюдается в основном в зоне входящих углов узла и вызвано наличием здесь концентрации деформаций. Картина распределения деформаций на участках стержней, прилегающих к сечениям AB и AC напоминает, еще до появления трещин картину, аналогичную, выявленную В.И. Мурашевым [4] в стадии трещинообразования. Поэтому представляется наиболее приемлемым учитывать такую концентрацию деформаций с помощью коэффициента $\psi_{b,\tau}$, по физическому смыслу, аналогичному коэффициенту ψ_s , введенному в теорию железобетона В. И. Мурашевым. Это позволяет оперировать в проведенных сечениях средними значениями деформаций, для которых уже справедлива гипотеза плоских поворотов. В стадии, когда сопротивление железобетонного стержня близко к упругому, коэффициент $\psi_{b,\tau}$ определяется с привлечением известного в сопротивлении материалов коэффициента концентрации деформаций k :

$$\psi_{b,\tau} = 1 - \omega_\gamma \frac{k-1}{k}, \quad (3)$$

где ω_γ – коэффициент наполнения эпюры деформаций растянутой арматуры (или сжатого бетона) на участке h (на рис. 6 – это участок OL или OP).

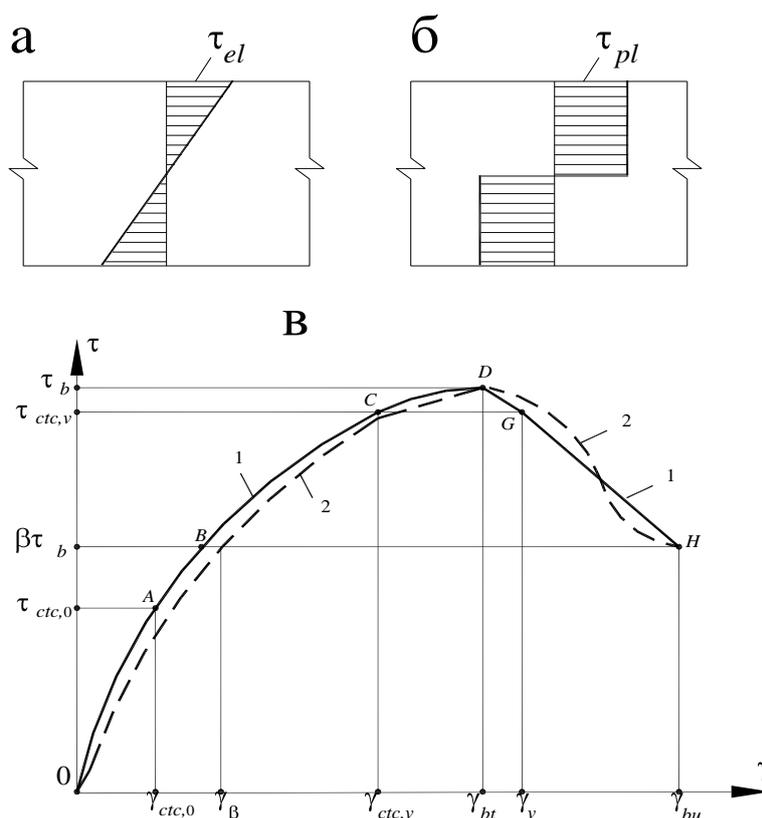


Рис. 5. Эпюры касательных напряжений при упругом (а) и пластическом (б) сопротивлении железобетонного элемента кручению и диаграмма связи “ $\tau - \gamma$ ” (в) 1 – действительная диаграмма “ $\tau - \gamma$ ”; 2 – диаграмма “ $\tau - \gamma$ ”, принятая для расчета

Действительно, рассматривая, например, распределение угловых деформаций бетона на участке OL (рис. 6,а), можно записать:

$$\gamma_{bm,AB}h = \gamma_{b,AB}h - \gamma_{b,AB} - \gamma_{b,2-2} \omega_\gamma h, \quad (4)$$

где ω_γ - коэффициент наполнения эпюры угловых деформаций на участке OL .

Принимая во внимание, что

$$\psi_{b,\tau} = \frac{\gamma_{bm}}{\gamma_b}, \quad (5)$$

а также тот факт, что при коэффициенте концентрации k

$$\gamma_{b,AB} = k\gamma_{b,2-2}, \quad (6)$$

из формулы (4), получим:

$$\psi_{b,\tau} k\gamma_{b,2-2} = k\gamma_{b,2-2} - k\gamma_{b,2-2} - \gamma_{b,2-2} \omega_\gamma. \quad (7)$$

Тогда из формулы (7) легко отыскивается зависимость (3).

При этом значения коэффициента k определяются по справочным данным или (при их отсутствии) легко могут быть получены с использованием МКЭ и учета особенностей работы зоны сопряжения как плосконапряженного (или объемного) элемента при его упругом сопротивлении.

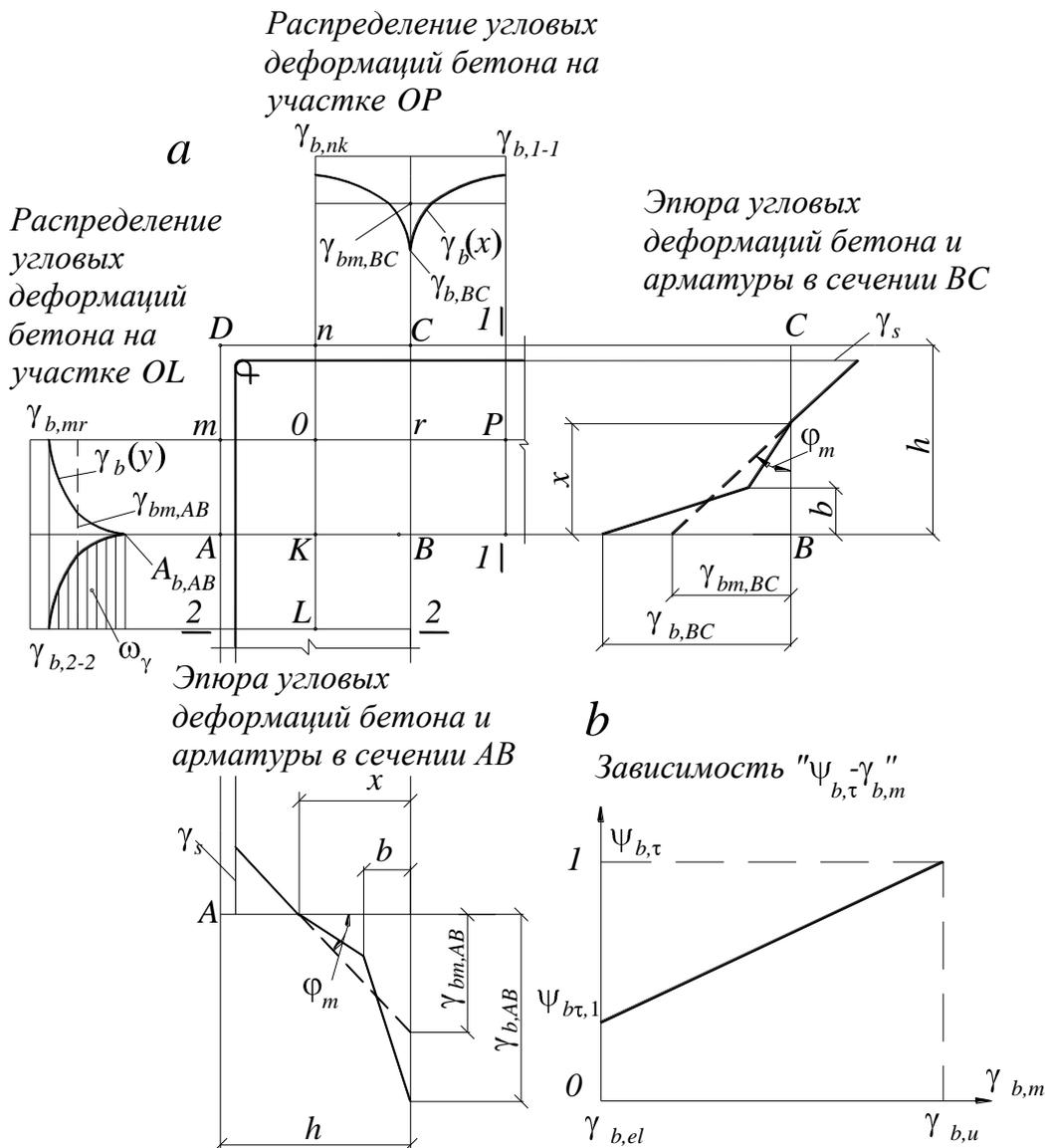


Рис. 6. К учету концентрации угловых деформаций в зоне сопряжения ребра с полкой:
 а – распределение деформаций в сечениях, проходящих по граням ребра и полки и
 окрестностях, прилегающих к этим сечениям; б – график зависимости “ $\Psi_{b,\tau} - \gamma_{b,m}$ ”

После проявления физической нелинейности и трещин значения коэффициента $\Psi_{b,\tau}$ в первом приближении могут быть определены по графику (рис. 6, б). При этом аналитическое выражение примет вид:

$$\Psi_{b,\tau} = \Psi_{b\tau,1} + (1 - \Psi_{b\tau,1}) \cdot \frac{\gamma_{b,m} - \gamma_{b,el}}{\gamma_{b,u} - \gamma_{b,el}}, \quad (8)$$

где $\gamma_{b,m}$, $\gamma_{b,el}$, $\gamma_{b,u}$ – средние угловые деформации бетона, предел упругих угловых деформаций бетона ($\gamma_{b,el} = 0,3 \frac{\tau_b}{G_b}$) и предельные угловые деформации бетона, соответственно.

С учетом отмеченного при расчете сечения с полкой будем учитывать влияние полки на сопротивление сечения кручению с изгибом. Применительно к проектируемому обвязочному ригелю

будем различать поперечные сечения с окнами в полке и без окон – рис. 4. При этом, будем считать справедливыми ограничения по учету размеров полок, вводимые нормами при сопротивлении полок на изгиб с кручением (см. рис. 3, а).

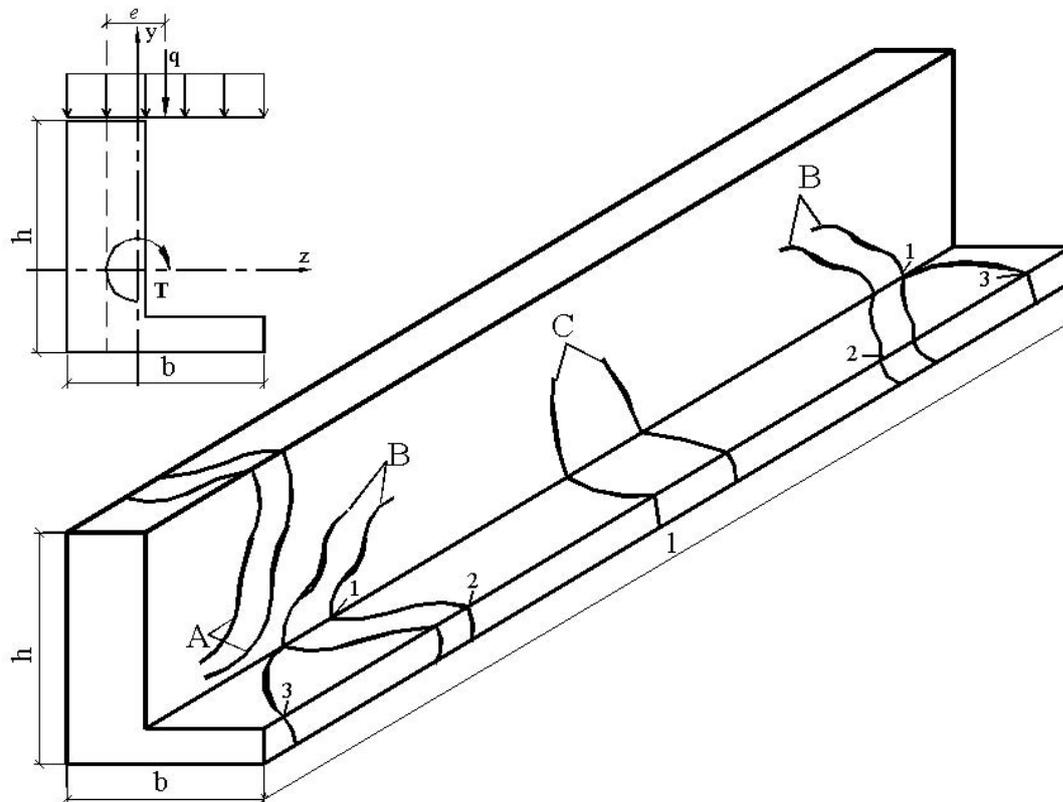


Рис. 7. Боковой вид при нагружении обвязочного ригеля (а) и характерные типы пространственных трещин в обвязочном ригеле (б) А, В, С – веера трещин, приопорных, пролётных и нормальных соответственно

Согласимся также с положением норм [1] о том, что поперечное сечение железобетонного элемента следует разбивать на ряд прямоугольников, которое не противоречит основным положениям механики твердого деформируемого тела. Размеры поперечного сечения должны удовлетворять условию

$$T \leq 0.1R_b \sum b_i^2 h_i, \quad (9)$$

где h_i, b_i - соответственно больший и меньший размеры каждого из составляющих сечение прямоугольников.

Кроме того, необходимо соблюдать требование, обеспечивающее прочность по наклонной полосе между наклонными трещинами [1].

Выполненный анализ экспериментальных исследований также указал на необходимость проведения расчета *на отрыв* для нижней полки (трещины 1-3, 1-2 на рис. 7). Причем, для характерных трещин типа 1-2 наблюдается наложение воздействий кручения с изгибом и отрыва. На этом рисунке также приведены характерные типы пространственных трещин в обвязочном ригеле: А, В, С – веера трещин, приопорных, пролётных и нормальных, соответственно. Отсюда появляется и необходимость расчета опасных сечений в приопорных и пролетных зонах обвязочного ригеля – по наклонным и пространственным сечениям, в средней зоне обвязочного ригеля – по нормальным сечениям. Нижняя полка обвязочного ригеля рассчитывается также на отрыв. Так как в задачи настоящих исследований изучение сопротивления отрыву не входило, то в первом приближении его можно определять по формулам норм [1].

Литература

1. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. - М., ЦИТП Госстроя СССР, 1989. - 88 с.
2. Бондаренко В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 472 с.
3. Колчунов В.И. Расчетная модель "нагельного эффекта" в железобетонном элементе / В.И. Колчунов, Э.И. Заздравных // Известия вузов. Строительство.– 1996.– № 10.– С. 18-25.
4. Мурашев В.И. Трещиноустойчивость, жесткость и прочность железобетона. – М.: Машстройиздат, 1950. – 268 с.

УДК 624.012.35:666.974:691.32

Докт. техн. наук, член-корр. РААСН В. С. Фёдоров, асп. В. Е.

Левитский

(Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ))

Россия, г. Москва

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕННОГО НЕСТАЦИОНАРНОГО НАГРЕВА ПОД НАГРУЗКОЙ

Для численного моделирования поведения железобетонных конструкций при пожаре и оценки их огнестойкости по критерию появления недопустимых деформаций необходимо иметь нелинейные диаграммы деформирования бетона $\sigma_{b,t}-\varepsilon_{b,t}$ при различных температурах нагрева, отражающие реальные условия его работы в конструкции и представленные в удобном для проведения автоматизированного расчёта виде.

Экспериментальным путём диаграмму $\sigma_{b,t}-\varepsilon_{b,t}$ можно получить при испытании образца возрастающей нагрузкой после его нагрева до требуемой температуры t . Однако при пожаре несущие конструкции подвергаются нестационарному кратковременному нагреву в нагруженном состоянии.

Прочностные и деформативные характеристики бетона, наблюдаемые при нестационарном нагреве нагруженных образцов, отличаются от аналогичных характеристик, найденных в стационарных температурных условиях. При нагреве под нагрузкой может наблюдаться как повышение, так и снижение прочности бетона, а силовые деформации при нагреве под нагрузкой во всех случаях оказываются примерно в два раза больше, чем при нагреве с последующим нагружением.

В отношении причин повышения деформативности бетона при нагреве под нагрузкой в литературе не сложилось пока единого мнения. Связано это, прежде всего, с отсутствием зависимостей силовых деформаций $\varepsilon_{b,t}$ бетона от уровня напряжений при различных температурах нагрева, то есть диаграмм $\sigma_{b,t}-\varepsilon_{b,t}$, которые не удаётся получить опытным путём в прямом виде. Результатом нестационарных испытаний являются кривые развития полных (суммарных силовых и температурных) деформаций бетона при выбранных уровнях загрузки, а не диаграммы $\sigma_{b,t}-\varepsilon_{b,t}$. Методика построения диаграмм деформирования бетона $\sigma_{b,t}-\varepsilon_{b,t}$ при нагреве под нагрузкой в настоящее время ещё не разработана.

Отсутствуют также и удачные аналитические зависимости для численного описания изменения прочностных и деформативных свойств бетона при нагреве. Представление основных термомеханических параметров бетона в табличном виде или аппроксимация их температурных зависимостей полиномами (как правило, третьей или четвёртой степени) являются неудобными для

расчётной реализации, так как приводят к усложнению алгоритмов программ и непроизводительным затратам машинного времени, что особенно заметно сказывается в условиях ограниченности системных ресурсов.

Несомненно, что строгий подход к оценке огнестойкости железобетонных конструкций невозможен без разработки методики построения и аналитического описания диаграмм деформирования бетона в условиях кратковременного нестационарного нагрева под нагрузкой, поэтому возникла необходимость проведения исследований в данном направлении.

Нами было привлечено большое количество экспериментальных данных по сопротивлению бетона деформированию и разрушению при различных условиях приложения температурного и силового воздействий, полученных в лабораториях ВНИИПО и НИИЖБ, и проведён анализ этих данных с позиций статистической теории прочности неоднородных идеально-хрупких тел, основы которой заложены в исследованиях [1, 2, 3]. В итоге на основе структурного подхода были сформулированы теоретические предпосылки и разработана методология построения и аналитического описания диаграмм деформирования бетона при нагреве под нагрузкой. Кратко полученные результаты можно изложить в виде следующих основных положений.

1. Прочностные и деформативные характеристики бетона для расчёта огнестойкости необходимо определять при кратковременном нестационарном нагреве образцов естественной влажности, нагруженных постоянной нагрузкой.

На результаты испытаний оказывают влияние такие факторы, как форма образцов (призмы или полые цилиндры), класс и состав бетона (отношения В/Ц, Щ/Ц). Однако влияние указанных факторов сопоставимо со статистическим разбросом опытных данных и вносимые ими изменения находятся в пределах точности испытаний, что даёт нам право не учитывать эти факторы в практических расчётах.

2. Если бетон находится в структурно-устойчивом состоянии, то его деформирование при кратковременном нагреве является *равновесным*. Применительно к условиям нагрева образцов под нагрузкой это утверждение означает, что деформации образцов определяются только температурой и не зависят от скорости нагрева.

При уровнях нагружения, близких к предельному при данной температуре нагрева, бетон переходит в структурно-неустойчивое состояние, в котором его деформации могут достаточно быстро расти во времени и без увеличения температуры, что заканчивается в конечном итоге полным разрушением образца.

3. Поведение бетона при кратковременном нагреве полностью соответствует основным положениям статистической теории прочности неоднородных идеально-хрупких тел. Расчётная модель структуры бетона представлена в этой теории в виде совокупности частиц, соединённых механическими связями, прочность которых является случайной величиной, подчиняющейся некоторому статистическому закону распределения.

Разрушение и нелинейное деформирование бетона рассматривается как процесс постепенного накопления повреждений из-за отрыва структурных связей, а реакция его структуры на внешние воздействия соответствует модели поведения напряженно-деформируемого тела двухкомпонентного строения.

4. Диаграммы деформирования бетона при нагреве под нагрузкой строятся по соответствующим данной температуре значениям силовых деформаций $\varepsilon_{b,t}$, которые получаются путём вычитания из полных деформаций бетона $\varepsilon_{b,t}^{(tot)}$ их температурной составляющей $\varepsilon_{b,t}^{(tem)}$:

$$\varepsilon_{b,t} = \varepsilon_{b,t}^{(tot)} - \varepsilon_{b,t}^{(tem)} . \quad (1)$$

Порядок построения диаграмм показан на рис. 1.

Полученные кривые $\sigma_{b,t}-\varepsilon_{b,t}$ (рис. 1,в) аналогичны диаграммам-изохронам в теории старения, однако, в отличие от изохрон, они в совокупности отражают развитие деформативности бетона не с течением времени, а с повышением температуры нагрева, поэтому их можно называть *изотермическими* диаграммами деформирования бетона при нестационарном нагреве в нагруженном состоянии. Эти диаграммы являются *трансформированными* диаграммами деформирования бетона, в отличие от *эталонных*, которые получены при нагружении образцов после нагрева.

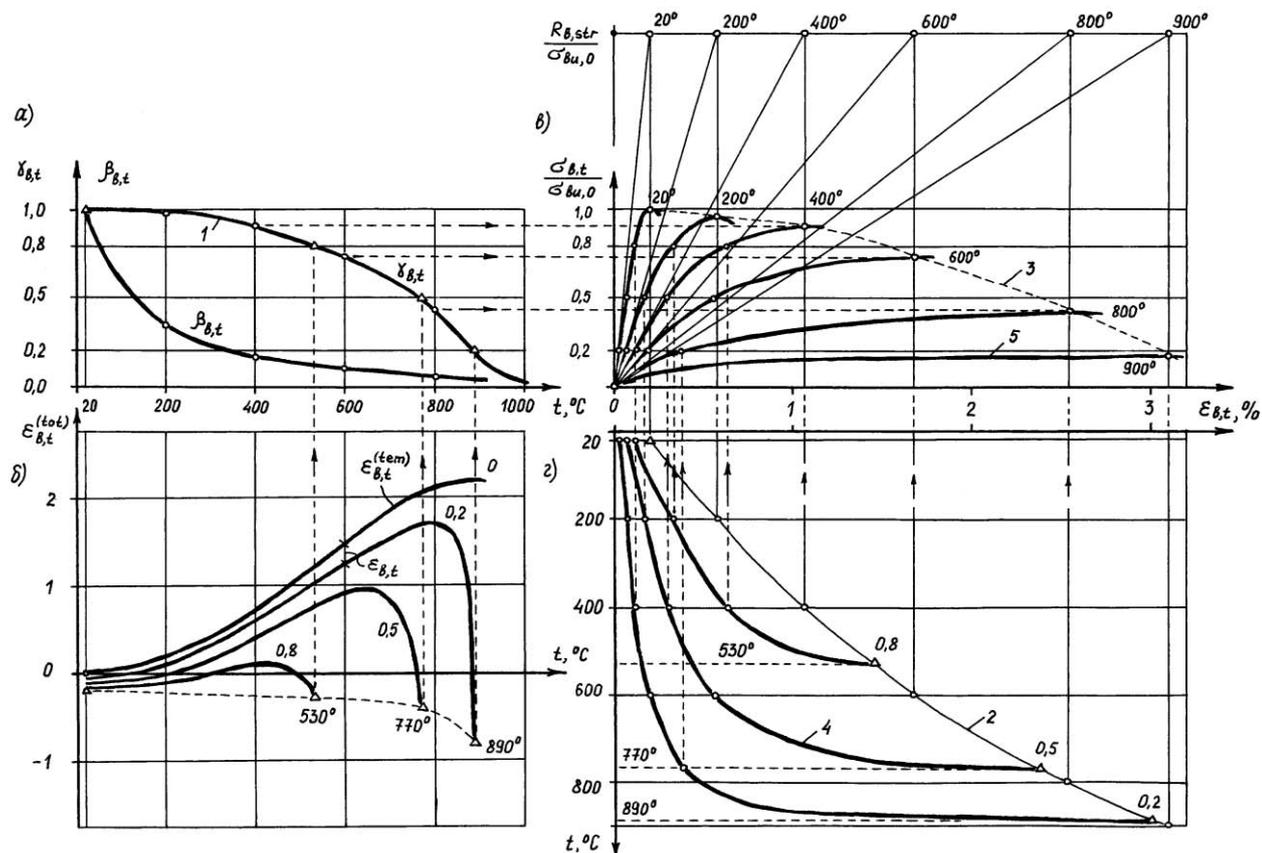


Рис. 1. Построение диаграмм деформирования бетона при нагреве под нагрузкой:

- 1 – кривая снижения относительной прочности; 2 – кривая предельных силовых деформаций;
- 3 – кривая максимально-граничного состояния; 4 – кривые развития силовых деформаций;
- 5 – изотермические диаграммы деформирования при нагреве под нагрузкой.

5. Для описания граничных условий, которым должны соответствовать диаграммы деформирования бетона при различных температурах нагрева, используются термомеханические параметры $\gamma_{b,t}$ и $\beta_{b,t}$. Их функциональные зависимости отражают изменение прочностных и деформативных свойств бетона с ростом температуры нагрева.

Прочность бетона при нагреве $\sigma_{bu,t}$ определяется путём умножения начальной прочности бетона (до нагрева) $\sigma_{bu,0}$ на коэффициент $\gamma_{b,t}$, который называется *относительной прочностью* бетона:

$$\sigma_{bu,t} = \sigma_{bu,0} \cdot \gamma_{b,t} \tag{2}$$

При нагреве под нагрузкой относительная прочность бетона $\gamma_{b,t}$ определяется путём аналитической аппроксимации кривой «начальный уровень нагружения – температура разрушения».

Начальный модуль деформаций $E_{b,t}$ трансформированной диаграммы определяется как произведение модуля упругости бетона при нормальной температуре $E_{b,0}$ на коэффициент $\beta_{b,t}$, который называется *относительным начальным модулем деформаций* бетона:

$$E_{b,t} = E_{b,0} \cdot \beta_{b,t} \tag{3}$$

Значения коэффициента $\beta_{b,t}$ определяются на основе анализа кривой предельных силовых деформаций бетона с использованием выражения:

$$\beta_{b,t} = \frac{\varepsilon_{bu,0}}{\varepsilon_{bu,t}}, \tag{4}$$

где $\varepsilon_{bu,0}$, $\bar{\varepsilon}_{bu,t}$ – соответственно предельные деформации бетона при нормальной температуре t_0 и при его нагреве под нагрузкой до температуры t .

Предельный коэффициент упругости бетона $\nu_{bu,t}$ при нагреве определяются путём умножения его начального значения $\nu_{bu,0}$ (при нормальной температуре) на параметр $\gamma_{b,t}$:

$$\nu_{bu,t} = \nu_{bu,0} \cdot \gamma_{b,t} \quad (5)$$

Два последних утверждения являются следствиями принципа независимости *предельных структурных напряжений* бетона $R_{b,str}$ от температуры нагрева (рис. 1, в). Применение этого принципа позволяет отказаться от дополнительного нормирования температурной зависимости параметра $\nu_{bu,t}$, и, кроме того, допускает не проводить каждый раз графическое построение трансформированных диаграмм деформирования бетона, а получать их термомеханические характеристики на основе анализа кривой предельных силовых деформаций бетона при нагреве под нагрузкой (рис. 1, г).

6. Задача определения деформаций при нагреве бетона в нагруженном состоянии является *неконсервативной*, поэтому её наиболее строгое решение можно получить в энергетической постановке. Напомним, что в неконсервативной системе возможен приток энергии извне или её рассеивание, поэтому работа сил зависит от способа перемещения точек их приложения.

При нагреве бетона под нагрузкой внешняя сила совершает дополнительную работу на перемещениях, возникающих из-за снижения упругих свойств бетона с повышением температуры нагрева, а величина работы внешних сил, необходимой для сообщения бетону заданной деформации при той же температуре нагрева, остаётся постоянной. Поэтому у всех материалов, для которых характерно снижение модуля упругости с повышением температуры, при нагреве в нагруженном состоянии деформации будут больше, чем при нагружении после нагрева.

Предельные силовые деформации бетона при нагреве под нагрузкой $\bar{\varepsilon}_{bu,t}$ приближенно можно определить по формуле:

$$\bar{\varepsilon}_{bu,t} = \varepsilon_{bu,t} + \sqrt{\varepsilon_{bu,t} \cdot (\varepsilon_{bu,t} - \varepsilon_{bu,0})}, \quad (6)$$

где $\varepsilon_{bu,0}$, $\varepsilon_{bu,t}$ – предельные силовые деформации соответственно при нормальной температуре и при нагреве с последующим нагружением.

Это выражение получено на основе принципа независимости предельных структурных напряжений бетона $R_{b,str}$ от температуры нагрева и условия равенства работы внешних сил, затраченной на получение заданной деформации при нагреве под нагрузкой и при нагружении после нагрева до исследуемой температуры.

Отклонения рассчитанных по указанной формуле деформаций от опытных могут составлять до $\pm 15\%$, что объясняется взаимосвязанностью силовых и несиловых (в данном случае температурных) повреждений, которая сказывается в некотором изменении работы, затрачиваемой на деформирование образца.

7. Аналитические выражения температурных зависимостей основных параметров диаграмм деформирования бетона и уравнение кривой $\sigma_{b,t} - \varepsilon_{b,t}$ могут быть получены из решения кинетического уравнения нелинейного накопления повреждений в структуре бетона [4]:

$$\frac{dy}{dt} = -k \cdot y - a \cdot mt^{m-1}, \quad (7)$$

где y , a – соответственно текущее и предельное значения исследуемой характеристики; t – параметр активного воздействия (температура или уровень деформаций); k – параметр затухания процесса; m – показатель интенсивности.

Это уравнение построено на основе нелинейного обобщения гипотезы об энтропийном затухании неравновесных процессов, являющейся следствием физико-химического закона действия масс, сформулированного К.М. Гульдбергом и П. Вааге в 1867 году [5, 6]. В отличие от традиционной линейной постановки предложенное уравнение отражает зависимость интенсивности изменения параметра y не только от дефицита этого параметра к его предельному значению a , но и от величины активно воздействующего деструктивного фактора t .

Решение кинетического уравнения (7) при $a = 0$ и начальном условии $t = 0$, $y = 1$ имеет вид:

$$y = e^{-kt^m}. \quad (8)$$

При подстановке этого решения в правую часть исходного уравнения (7) получаем распределение Вейбулла. С позиций статистической теории прочности такой результат означает, что плотность распределения количества разрушившихся связей в зависимости от величины активного фактора t

соответствует распределению Вейбулла, а зависимость (8) является интегральной функцией этого распределения.

8. Температурные зависимости коэффициентов $\gamma_{b,t}$ и $\beta_{b,t}$ выражаются по аналогии с формулой (8):

$$\gamma_{b,t} = \exp \left[-\gamma_b \left(\frac{t-t_0}{1000} \right)^m \right], \quad \beta_{b,t} = \exp \left[-\beta_b \left(\frac{t-t_0}{1000} \right)^n \right], \quad (9)$$

где t_0 – температура бетона до нагрева ($t_0 = 20^\circ\text{C}$); γ_b, β_b, m, n – опытные параметры; 1000 – размерный коэффициент.

9. Температурные деформации бетона $\varepsilon_{b,t}^{(tem)}$ отражают основные этапы его термодеструкции и нелинейно зависят от температуры нагрева, однако их изменение можно аппроксимировать экспоненциально-степенной зависимостью, полученной из уравнения (7) при $a = \varepsilon_{b,\alpha}$ и начальном условии $(t - t_0) = 0, y = 0$:

$$\varepsilon_{b,t}^{(tem)} = \varepsilon_{b,\alpha} \cdot \left(1 - \exp \left[-\alpha_b \left(\frac{t-t_0}{1000} \right)^p \right] \right), \quad (10)$$

где $\varepsilon_{b,\alpha}$ – некоторое предельное значение температурных деформаций, к которому они асимптотически приближаются; α_b, p – опытные параметры.

Значения опытных параметров, используемых в предлагаемой термомеханической модели, для обычного тяжелого бетона на гранитном заполнителе определены по результатам экспериментальных исследований [7] и представлены в таблице. Графики функций, построенные по выражениям (9) и (10), показаны на рис. 2.

Таблица 1

*Опытные параметры термомеханической модели
(для тяжелого бетона на гранитном заполнителе)*

Характеристики	Прочность	Начальный модуль деформаций	Температурные деформации
Предельное значение	0	0	$\varepsilon_{b,\alpha} = 2,24 \%$
Коэффициент затухания	$\gamma_b = 2,6$	$\beta_b = 3,1$	$\alpha_b = 4,8$
Показатель интенсивности	$m = 4,0$	$n = 0,6$	$p = 2,5$

10. Уравнение термомеханического состояния бетона записывается в форме нелинейного закона Гука:

$$\sigma_{b,t} = \varepsilon_{b,t} \cdot E_{b,t} \cdot \nu_{b,t}(\eta_{\varepsilon,t}), \quad (11)$$

где $\nu_{b,t}(\eta_{\varepsilon,t})$ – коэффициент упругости бетона, выраженный в функции уровня деформаций $\eta_{\varepsilon,t}$

$$\eta_{\varepsilon,t} = \frac{\varepsilon_{b,t}}{\varepsilon_{bu,t}}. \quad (12)$$

Аналитическое выражение для коэффициента упругости $\nu_{b,t}$ имеет вид, аналогичный (8):

$$\nu_{b,t} = \exp[-k_t \eta_{\varepsilon,t}^m], \quad (13)$$

где k_t – параметр нелинейности диаграммы; определяется из условия, что в вершине диаграммы ($\eta_{\varepsilon,t} = 1$) коэффициент упругости равен своему предельному значению $\nu_{bu,t}$:

$$k_t = -\ln \nu_{bu,t}; \quad (14)$$

показатель m определяется из условия, что угол наклона касательной в вершине диаграммы равен нулю:

$$m = \frac{1}{k_t}. \quad (15)$$

Таким образом, уравнение кривой деформирования $\sigma_{b,t}-\varepsilon_{b,t}$ имеет вид:

$$\sigma_{b,t} = \varepsilon_{b,t} E_{b,t} \exp[-k_t \eta_{\varepsilon,t}^{1/k_t}]. \quad (16)$$

Это выражение позволяет получить кривую $\sigma_{b,t}-\varepsilon_{b,t}$ с нисходящей ветвью, которая соответствует всем необходимым граничным условиям, выражается через характеристики, получаемые при

стандартных испытаниях, и не требует для своего описания привлечения каких-либо дополнительных опытных параметров.

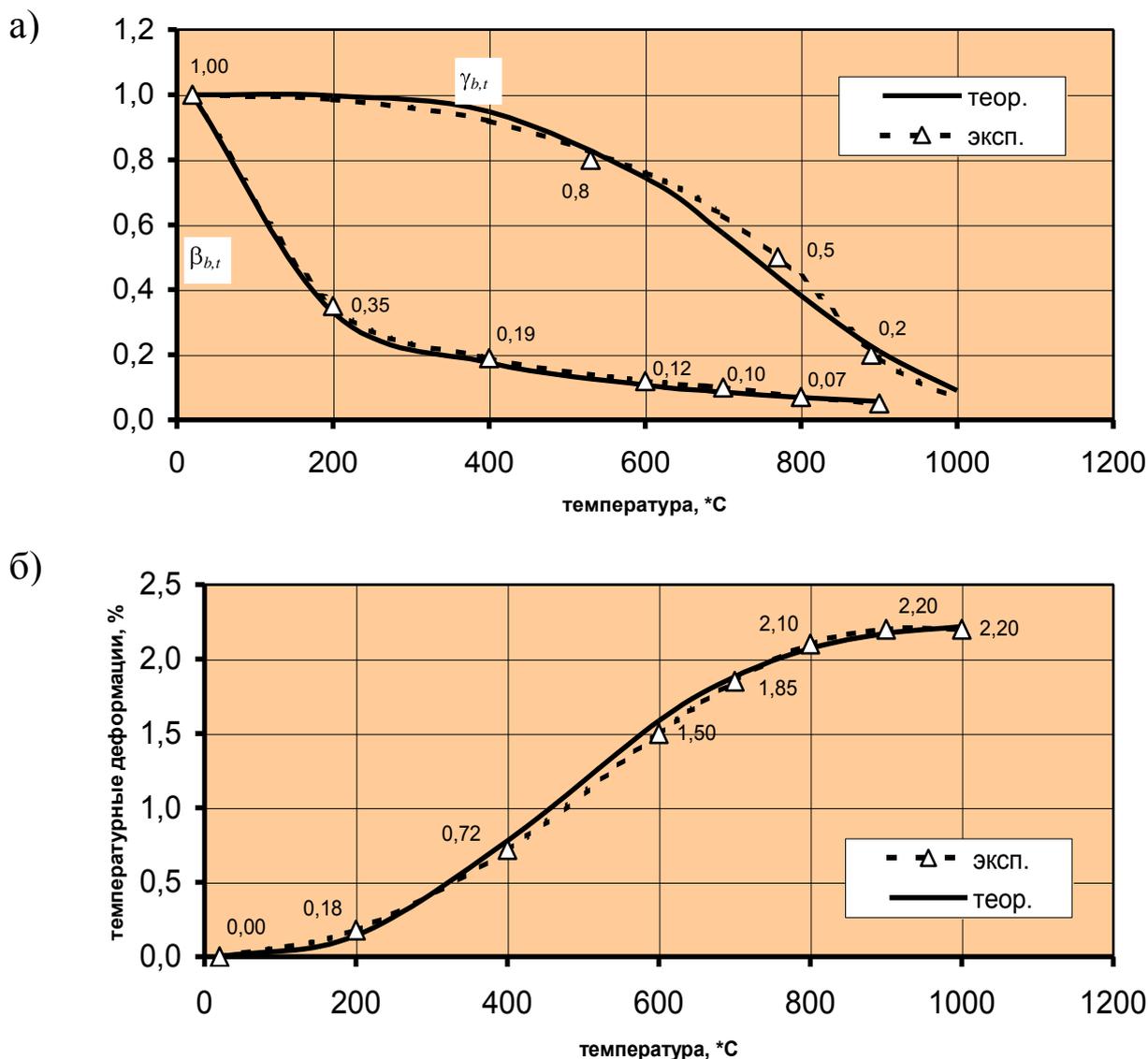


Рис. 2. Температурные зависимости относительной прочности $\gamma_{b,t}$ и относительного начального модуля деформаций $\beta_{b,t}$ (а); температурные деформации бетона (б)

В заключение следует обратить внимание на методологические основы данного исследования. При разработке предложений по построению и аналитическому описанию диаграмм деформирования бетона при нагреве под нагрузкой были сформированы, следуя представленной в работах [5, 6] иерархической схеме, три типа моделей объекта исследования: физическая, расчётная и математическая.

Содержанием **физической модели** стали представления о нарушении структуры бетона в результате температурно-влажностных и силовых воздействий, сформированные в физико-химических, структурных и статистических теориях сопротивления бетона.

В основу **расчётной модели** положен ряд упрощающих гипотез, характеризующих особенности термосилового сопротивления бетона при кратковременном нагреве. Особо следует отметить гипотезу о независимости предельных структурных напряжений от температуры нагрева и энергетическое обоснование увеличения деформативности бетона при нагреве под нагрузкой, которые представлены в данной работе впервые.

Математическая модель представлена уравнением (7), из которого получены основные аналитические зависимости (9), (10), (13). Заметим, что в данном случае соотношения математической модели не являются результатом какого-либо условного, механического «подбора» удачных

аппроксимирующих выражений для экспериментальных кривых, как это принято при феноменологическом подходе, а находятся в полном соответствии с представлениями физической модели и гипотезами, принятыми в расчётной модели, логически продолжая их.

По нашему мнению, представленные в данной работе рекомендации будут полезны при оценке огнестойкости железобетонных конструкций на основе деформационной модели или с применением метода конечных элементов, и могут служить дополнением к готовящемуся в настоящее время к выпуску Своду Правил «Огнестойкость и огнесохранность железобетонных конструкций» в обновлённой системе Российских нормативных документов.

Литература

1. Холмянский М.М. Бетон и железобетон: деформативность и прочность. – М.: Стройиздат, 1997. – 576 с.
 2. Седракан Л.Г. Элементы статистической теории деформирования и разрушения хрупких материалов. – Ереван: Айастан, 1968. – 278 с.
 3. Харлаб В.Д. Обобщение вейбулловской статистической теории хрупкого разрушения // Механика стержневых систем и сплошных сред. – 1987. – № 11. – С. 150-152.
 4. Фёдоров В.С., Левитский В.Е. Теоретические основы прогнозирования изменения прочностных и деформативных характеристик бетона в условиях пожара // Проблемы обеспечения безопасности строительного фонда России: Труды третьих международных академических чтений. – Курск: КурскГТУ, 2004.
 5. Бондаренко В.М. Элементы теории реконструкции железобетона / В.М. Бондаренко, А.В. Боровских, С.В. Марков, В.И. Римшин; под общ. ред. В.М. Бондаренко. – Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2002. – 190 с.
 6. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчётные модели силового сопротивления железобетона. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 472 с.
 7. Зенков Н.И., Зависнова Л.М. Прочность и деформативность бетона на гранитном заполнителе при действии высоких температур // Огнестойкость строительных конструкций. – М.: ВНИИПО, 1977. – Вып. 5. – С. 88-94.
-
-

УДК 624.012.35:524.1

Канд. техн. наук, доц. А. П. Юров
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ОСНОВНОЙ (ИЛИ РЕЗОНАНСНОЙ) ЧАСТОТЕ КОЛЕБАНИЙ

Для определения связи величины предварительного напряжения конструкций балочного типа и основной частоты колебания вначале рассмотрим задачу регулирования величины максимального прогиба упругой балки постоянной жесткости, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, с помощью предварительного натяжения арматуры, расположенной внецентренно и параллельно центральной оси балки (рис. 1).

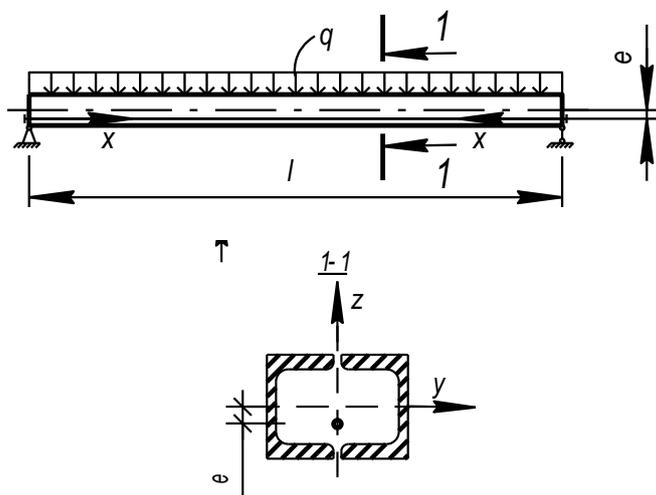


Рис. 1. Упругая балка постоянной жесткости, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой.

Суммарный прогиб такой балки $(w_0)_{\text{полн}}$ будет складываться из нескольких составляющих: из прогиба ненапряженной балки от действия равномерно распределенной нагрузки w_0 , выгиба балки от ее предварительного напряжения с помощью напрягаемой арматуры $(w_0)_{\text{выг}}$, прогиба от самонапряжения арматуры при воздействии внешней нагрузки $(w_0)_c$:

$$(w_0)_{\text{полн}} = w_0 - (w_0)_{\text{выг}} - (w_0)_c \quad (1)$$

Величина полного усилия в арматуре X будет складываться из усилия преднапряжения X_n и усилия самонапряжения X_c :

$$X = X_n + X_c \quad (2)$$

Используя методы строительной механики и проведя ряд преобразований с выражениями (1) и (2) получим выражения для нахождения полного прогиба балки:

$$w_0_{\text{полн}} = w_0 \left(1 - X_n + X_c \frac{9,6e}{ql^2} \right) = w_0 \left(1 - \frac{0,8}{1 + I/Ae^2 + I/A_d e^2} - X_n \frac{9,6e}{ql^2} \right), \quad (3)$$

где $w_0_{\text{выг}} = w_0 X_n \frac{9,6e}{ql^2} -$ (4)

прогиб (выгиб) балки от усилия предварительного напряжения арматуры.

Если при осуществлении предварительного напряжения упругой балки провести измерение ее выгиба, то действительную величину преднапряжения арматуры можно определить следующим образом. Заменяем в приведенном выражении усилие X_n через напряжение ($X_n = \sigma_0 A_a$), а величину максимального прогиба через основную частоту колебаний с помощью закономерности, выведенной В.И. Коробко [1] $w_0 = 4/\pi \cdot q/m \cdot 1/\omega_0^2$:

$$w_{0 \text{ выг}} = \frac{4}{\pi} \frac{q}{m} \frac{1}{\omega_0^2} \sigma_0 A_a \frac{9,6e}{ql^2} = \sigma_0 \frac{38,4}{\pi} \frac{e A_a}{m l^2} \frac{1}{\omega_0^2}.$$

Выразив из этого соотношения σ_0 , получим:

$$\sigma_0 = w_{0 \text{ выг}} \omega_0^2 \frac{\pi}{38,4} \frac{m l^2}{e A_a}. \quad (5)$$

Таким образом, зная выгиб балки при ее предварительном напряжении и основную частоту колебаний в ненапряженном и ненагруженном состоянии, которые определяются экспериментально, можно найти величину преднапряжения арматуры.

Основная частота колебаний напряженной упругой балки в ненагруженном состоянии ω_{01} будет весьма близкой к частоте колебаний ненапряженной и ненагруженной балки ($\omega_{01} = \omega_0$), поскольку свободные колебания совершаются на малых амплитудах и влияние самонапряжения арматуры на частоту колебаний не успевает сказаться в полной мере. В этом случае выражение (5) примет следующий вид:

$$\sigma_0 = w_{0 \text{ выг}} \omega_{01}^2 \frac{\pi}{38,4} \frac{m l^2}{e A_a}. \quad (6)$$

Вместо основной частоты колебаний для контроля жесткости балки и величины преднапряжения арматуры, можно использовать первую резонансную частоту колебаний, поскольку при резонансе эти частоты практически равны [4]. Применение резонансной частоты при контроле качества железобетонных конструкций имеет ряд преимуществ. Основным из них является возможность осуществления резонанса при больших амплитудах колебаний, когда в наибольшей степени раскрывается влияние дефектов конструкции на частоту колебаний. Колебания же балки на собственной частоте происходят, как правило, при низких амплитудах и быстро затухают. Другим важным преимуществом резонансного метода диагностики состояния и контроля качества строительных конструкций является возможность осуществления равноэнергетического возбуждения колебаний в контролируемых конструкциях. На важность выполнения таких условий в своих публикациях многократно обращает внимание Г.В. Слюсарев [3].

В диссертации Полякова В.И. [2] величину преднапряжения арматуры определяли с использованием преобразования выражения (3) аналогично тому, как это было рассмотрено выше. При этом была допущена неточность в анализе составляющих прогиба напряженной балки – в полный ее прогиб включался и выгиб, а измерение прогиба осуществлялось от положения балки после преднапряжения. Ввиду малости выгиба эта неточность несущественно сказалась на сравнении результатов теоретического и экспериментального способов контроля величины преднапряжения арматуры.

Следует заметить, что в большинстве реальных железобетонных конструкций балочного типа напрягаемая арматура работает совместно с бетонном, а полученный теоретический результат относится к металлическим и деревометаллическим балкам, а также железобетонным, в которых напрягаемая арматура находится в незамоноличенных каналах. Поэтому использование полученных теоретических данных нуждается в поправках, которые могут быть сделаны после проведения экспериментальных исследований.

Основной вывод, который можно сделать из приведенных рассуждений, заключается в том, что определить величину преднапряжения арматуры в готовой конструкции по результатам ее испытаний статическим или динамическим нагружением невозможно. Это можно осуществить только с использованием результатов контроля выгиба внецентренно напряженной конструкции с передачей усилия преднапряжения на ее торцы с помощью выражений (5) и (6). Для предварительно напряженных конструкций с передачей усилия преднапряжения арматуры на бетон по всей ее длине выражения (5) и (6) могут использоваться лишь приближенно.

1. Коробко В.И. Об одной "замечательной" закономерности в теории упругих пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1989, № 11. – С. 32-36.
2. Поляков В.И. Контроль величины предварительного напряжения арматуры, прочностных и деформативных показателей качества железобетонных конструкций // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2004. – 144 с.
3. Слюсарев Г.В. Учет энергетических условий возбуждения колебаний при проведении вибрационного контроля в строительстве // Материалы II-й научно-технической конференции «Вибрационные машины и технологии» – Курск, 1995. – С. 153-159.
4. Справочник по динамике сооружений / Под редакцией профессоров Б. Г. Коренева и И. М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1972. – С. 488-500.

АВТОМОБИЛИ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СЕРВИС И РЕМОНТ

УДК 629.33.07

Ст. препод. Г. П. Андреев
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИЕМОВ ТОРМОЖЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Анализ уровня безопасности дорожного движения в различных странах мира показывает, что в числе факторов, определяющих численность дорожно-транспортных происшествий (ДТП), наиболее значимым и относительно стабильным является фактор ошибок водителя, прежде всего ошибок его управленческой или операторской деятельности. Доля ДТП в их общем числе по этому фактору достигает внушительной цифры 60-70%, а в ряде стран - и 75-85%, формируя существенный, весьма консервативный и слабо используемый резерв повышения безопасности движения на дорогах. Это обстоятельство объясняет потребность в постоянной и тщательной выверке программ подготовки и переподготовки водителей, как единственного средства совершенствования техники владения ими операторскими функциями. Последние, как известно, многообразны и сложны и, в силу этого, часто толкуются в образовательной среде упрощенно и не используются в полной мере для обоснования составляющих знаний и умений водителя по каждой отдельно взятой его функции.

В области моторного обучения общие дидактические принципы сохраняют свою силу, однако специфика предмета накладывает свой отпечаток на применение этих принципов в подготовке водителей.

Закономерности становления двигательного навыка достаточно сложны, и не всегда формальное следование классическим правилам, например, правилу «от легкого к трудному», обеспечивает наилучший результат. В ряде случаев целесообразно так выбирать последовательные задания, чтобы они строились по правилу «от главного – к второстепенному» (В.В. Смолевский).

Формирование навыка всегда происходит с опорой на уже имеющиеся двигательные связи. Процесс разучивания нового упражнения всегда, так или иначе, переключается с навыками, как приобретенными прежде, так и осваиваемыми параллельно.

Маневр торможения является наиболее значимым для безопасного управления автомобилем и его, пожалуй, можно отнести к самому главному приему обеспечения безопасности дорожного движения. Правила дорожного движения (п. 10.1) предписывают: «... При возникновении опасности для движения, которую водитель в состоянии обнаружить, он должен принять возможные меры к снижению скорости вплоть до остановки транспортного средства».

Трудность его выполнения является одной из основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий такого вида как: наезды на препятствие, на пешеходов, стоящий транспорт, столкновение транспортных средств и других. Многие происшествия произошли в обстановке, когда в той или иной степени водители не сумели своевременно снизить скорость или осуществить остановку автомобиля.

При подготовке водителей каждый из обучаемых должен усвоить, что, система ВАД – это обобщенное понятие сложного, функционально связанного объекта, обеспечивающего достижение устанавливаемых водителем целей и определяемых задачами перевозок, дорожными условиями, типом АТС.

В блоке квалификационных требований к водителю в действующих программах подготовки эти функции строго не определены. А ведь только они определяют набор требуемых навыков и умений водителя. Если не сделать строгого акцента изначально на функциях или, функциональных обязанностях водителя, то в формировании требований к уровню его навыков, умений всегда будет присутствовать определенная вольность, а значит и нестрогость, которая неизбежно привнесет вольность в формирование структуры и содержания отдельных учебных курсов.

Так, например, стандартом Российской Федерации по профессии: Водитель транспортного средства категории «В» (ОСТ 9 ПО 04.02.02. – 96) предусмотрено изучение учебного элемента «Вождение транспортного средства категории «В»» на 3 уровне (продуктивное действие, т.е. создание алгоритма деятельности в нетиповой ситуации на основе изученных ранее типовых действий) [1].

Примерной программой подготовки водителей ТС категории «В» утвержденной Министерством общего и профессионального образования Российской Федерации 29 декабря 1998 г. предусмотрено изучение «... Различные способы торможения (плавное, прерывистое и экстренное), но не конкретизированы приемы для обучения.

Экспериментальная работа по изучению техники торможения водителей различной квалификации в естественных, экстремальных и искусственно спровоцированных ситуациях позволила систематизировать виды, способы и приемы техники торможения автомобиля (рис. 1) [2].

Водитель должен хорошо владеть различными приемами торможения автомобиля. Необходимо подчеркнуть, что существует огромный арсенал различных приемов торможения, и, выбор приема торможения, как и любого другого приема управления автомобилем, в конкретной дорожно-транспортной ситуации зависит, в общем, от двух факторов:

1. От задач стоящих перед водителем;
2. От сцепных качеств дорожного покрытия.

В зависимости от стоящих перед водителем задач (основной признак классификации), можно выделить следующие виды торможения:

1. Служебное торможение.
2. Экстренное торможение.
3. Аварийное торможение.

Главным признаком классификации можно выделить требуемое и достигаемое замедление автомобиля.

Торможение необходимо для уменьшения (с различной интенсивностью) скорости или поддержания ее в некоторых пределах постоянной (например, при движении на спуске), остановки автомобиля и удержания его неподвижным относительно опорной поверхности. Таким образом, можно констатировать, что есть три подвида торможения:

- частичное (для регулирования скорости движения);
- полное (для остановки);
- стояночное (для удержания автомобиля).

Если перед водителем никакие специальные задачи не стоят, значит надо думать о комфортности (по замедлению) перевозки пассажиров и грузов, т. е. применять **служебный вид** торможения. В практической деятельности опытных водителей служебное торможение не превышает интенсивности 2 м/с^2 , и оно составляет 95 % и более всех торможений.

Служебное торможение осуществляется водителем при использовании рабочей или вспомогательной тормозных систем автомобиля, а также при умелом сочетании (комбинировании) работы этих систем.

Из огромного арсенала различных приемов торможения, для первоначальной подготовки водителей, можно рекомендовать обязательным знанием и умением выполнения следующих приемов обеспечивающих служебный вид торможения, таких как:

1. Торможение двигателем без переключения передач;
2. Торможение двигателем с переключением передач;
3. Торможение рабочей тормозной системой;

B

4. Торможение комбинированное без переключения, т.е. рабочей тормозной системой + двигателем без переключения передач;

5. Торможение комбинированное с переключением, т.е. рабочей тормозной системой + двигателем с переключением передач.

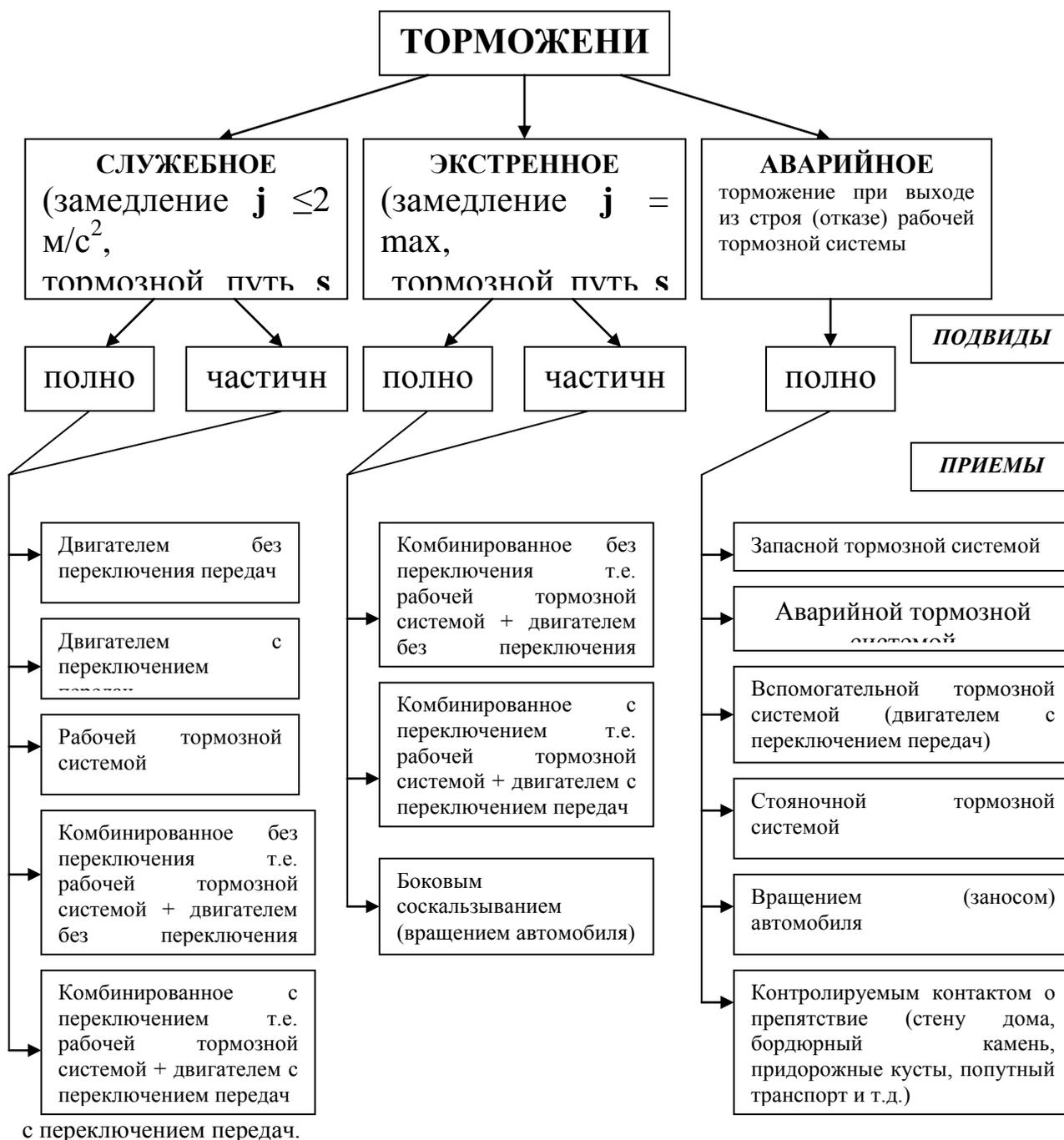


Рис. 1. Классификация видов и основных приемов техники торможения

Необходимо пояснить, что торможение только рабочей тормозной системой допустимо на покрытии с достаточно хорошим коэффициентом сцепления. Но, при торможении на заснеженной,

обледенелой, грязной дороге (т.е. на покрытии с низким коэффициентом сцепления) необходимо применять только приемы комбинированного торможения.

При **экстренном виде торможения**, перед водителем стоит задача – затормозить (частично или полно) автомобиль с максимально возможным, при данных сцепных качествах покрытия, замедлением (остановиться за минимальный тормозной путь). Естественно, на покрытии с высоким коэффициентом сцепления (сухой асфальтобетон) максимально возможное замедление будет выше, чем на покрытии с низким коэффициентом сцепления (грязный, мокрый асфальтобетон).

Экстренное торможение применяется только при лимите времени и расстояния, необходимых для замедления или остановки автомобиля. Выполняется, чаще всего, с использованием максимальных возможностей водителя и автомобиля. При этом торможении эксплуатационные возможности автомобиля не учитываются, т.к. в качестве решающего фактора выступает безопасность пассажиров, окружающих людей и водителя. Экстренное торможение может осуществляться с помощью рабочей тормозной системы основным, комбинированным и дополнительным способом, который реализуется при использовании стояночной тормозной системы, органов управления автомобилями.

Управление автомобилем в критических и экстремальных ситуациях, связанное с лимитом времени для предотвращения ДТП, требует применения комбинированного способа торможения, как наиболее эффективного [3]. Однако этот способ торможения достаточно сложен. При его выполнении необходима высокая точность координации движений и автоматизация двигательных навыков, которые обеспечивают его осуществление в узких временных рамках. Поэтому для его реализации требуется высокая профессиональная подготовка водителя. В сложной дорожно-транспортной ситуации водитель низкой квалификации чаще всего не способен правильно применить приемы этого способа торможения.

Рассматривая специфику выполнения приемов торможения основным и комбинированным способом, следует отметить тот факт, что в большинстве случаев применение экстренного торможения связано с эффектом полной или частичной, но кратковременной блокировки колес. Использование этого эффекта обусловлено необходимостью создания максимального (для данных дорожных условий) замедления автомобиля.

Появление блокировки колес при торможении в подавляющем большинстве случаев нарушает стабилизацию автомобиля, затрудняет, а в ряде случаев полностью исключает возможность управления им, и как следствие, еще более усложняет ситуацию. Совместное торможение рабочим тормозом и двигателем может в значительной степени снизить блокирующий эффект ведущих колес, а следовательно, повысить возможность управления автомобилем при экстренном торможении. Причем, торможение двигателем, наименее эффективное (по замедлению), в сочетании с торможением рабочим тормозом повышает с одной стороны тормозной эффект за счет использования возможностей двигателя и трансмиссии противодействовать поступательному движению, а с другой – способствует предотвращению блокировки ведущих колес. Это явление, выражающееся в ослаблении деятельности рабочей тормозной системы автомобиля, в основном определяет эффективность замедления и улучшение управляемости автомобиля при экстренном торможении (особенно на скользкой дороге), а следовательно, повышает безопасность самого маневра.

Экстренное торможение может обеспечиваться с помощью рабочей тормозной системы, совместной работы рабочей и вспомогательной систем (комбинированный прием), а также при умелом использовании стояночной тормозной системы и основных органов управления автомобилем – боковым соскальзыванием (с заносом или вращением автомобиля).

Аварийный вид торможения - это торможение автомобиля при выходе из строя - отказе рабочей тормозной системы.

При этом, торможение (частичное или полное) автомобиля можно обеспечить, используя запасную, вспомогательную и стояночную тормозные системы, а также естественные или искусственные факторы подсистемы «среда – дорога», сознательно им выбранные. Например, контролируемым контактом о стену дома, об бордюр, придорожные кусты, автомобиль движущийся в попутном направлении и т. п.

Торможение, по существу, - основной и самый трудный в плане формирования навыков прием безопасного управления автомобилем. Из приведенной выше классификации (рис. 1), обязательным для обучения при первоначальной подготовке водителей необходимо считать приобретение навыков комбинированного приема торможения, который используется для замедления (остановки) автомобиля как при служебном, так и при экстренном виде торможения.

Литература

1. ОСТ 9 ПО 04.02.02. – 96. Стандарт Российской Федерации по профессии: Водитель транспортного средства категории «В».
2. Андреев Г.П. «Автодромная подготовка». Орел, ОрЮИ МВД РФ, 2002 г – с. 66 ил.
3. Методика совершенствования профессионального мастерства водителей легковых автомобилей. М.: Государственный научно-исследовательский институт автомобильного транспорта НИИАТ, 1983. – 243 с., ил.

УДК 629.331:005.5

Канд. техн. наук, доц. Н. В. Бакаева
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЫНКА УСЛУГ АВТОСЕРВИСА В Г. ОРЛЕ

Высокие темпы роста парка легковых автомобилей в России и изменение его структуры привели к росту спроса на услуги автосервисных предприятий и послужили стимулом быстрого развития инфраструктуры автомобильного сервиса. Развитие предприятий автосервиса в последнее время происходит экстенсивным путем.

Значительная вариация надежности, сроков службы, условий и режимов эксплуатации автомобилей, уровня жизни и предпочтений владельцев определяют функционирование на рынке сервисных услуг разнообразных предприятий. На сегодняшний день успешно функционируют и развиваются предприятия разных форм собственности, видов деятельности и форм обслуживания – фирменные центры по техническому обслуживанию и ремонту, авторизованные дилерские центры, частные независимые СТО и гаражные мастерские [1].

Предприятия системы фирменного обслуживания – это предприятия, организуемые производителями автомобилей и рассчитанные на проведение ТО и ремонта на сервисных и ремонтных предприятиях в гарантийный и послегарантийный период, работают по соглашению или договору с заводами - изготовителями. В первую очередь это уполномоченные технические центры (ТЦ), станции технического обслуживания (СТО) и ремонтные предприятия. К предприятиям, входящим в состав сервисной сети, также относятся авторизованные дилерские центры и торгово - обслуживающие предприятия. Согласно договору эти предприятия приобретают у производителя автомобили и запасные части по оптовой цене, а продают с определенной наценкой. Полученные средства расходуются на развитие предприятия, рекламу, создание складов запасных частей, техническую помощь, обучение и консультацию персонала автотранспортных предприятий, предпринимателей, физических лиц - владельцев автотранспортных средств и т. п. Дилер обязан продавать определенное количество автомобилей и проводить их гарантийное обслуживание в соответствии с заводской документацией, использовать запасные части и материалы, отвечающие требованиям производителя.

Используя полученные фактические данные о структуре рынка услуг автосервиса и о наличии предприятий автотехобслуживания в г. Орле, рассмотрим классификацию субъектов обслуживания по следующим критериям:

- по функциональному назначению. На сегодняшний день в городе представлены все типы предприятий - это фирменные автоцентры, наиболее успешно функционирующие и оказывающие полный перечень услуг, например, официальные дилеры Волжского автомобильного завода ОАО «Орел – Лада» и ООО «Автотрейд - Орел», авторизованные дилерские центры ЗАО «Орелоблавтотехобслуживание»,

ОАО «АвтоГарант», технические центры «Атлант - М» и «АвтоЕвразия», независимые автосервисы «АвтоВЧ», «Эталон» и др.

- *по степени специализации.* Ведущие позиции по объему автоуслуг в городе занимают независимые сервисные предприятия - станции технического обслуживания автомобилей и авторемонтные мастерские, которые являются самостоятельными хозяйственными субъектами, не связанными с производителями автомобилей. Таких предприятий насчитывается порядка тридцати. Они оказывают широкий перечень услуг автовладельцам: техническое обслуживание и ремонт (ТО и ТР) автотранспортных средств; продажу запасных частей, материалов, комплектующих изделий и принадлежностей; техническую помощь на дорогах, эвакуацию, услуги по самообслуживанию автомобилей; инструментальный технический осмотр и подготовку к нему; предоставление автотранспортных средств в прокат; модернизацию, переоборудование и тюнинг автотранспортных средств; сбор и утилизацию отходов, образующихся при эксплуатации автотранспортных средств; информационное обеспечение владельцев автотранспортных средств. На большинстве предприятий услуги оказываются комплексно, в рамках регламентных и гарантийных технических обслуживаний и ремонтов.

Кроме того, появились предприятия, сфера деятельности которых ограничивается узкой специализацией, например, тюнингом различных марок автомобилей, установкой дополнительного оборудования, охранных систем и систем навигации, тонировкой стекол. Из всех предприятий автосервиса г. Орла около 15 % являются специализированными по видам работ и обслуживанию отдельных марок автомобилей, остальные являются комплексными по видам услуг и универсальными по маркам обслуживаемых автомобилей.

В рамках деятельности большинства предприятий автовладельцам оказывается так называемый «восстановительный ремонт», т.е. ремонт, осуществляемый заменой узлов и агрегатов автомобилей и их деталей. Существующая необходимость в капитальном ремонте агрегатов автомобилей реализуется в рамках договорных отношений с авторемонтными предприятиями (ООО «Ресурс-плюс», ОАО «Планета Газ» и др.) или с автотранспортными предприятиями (МУ ПАТП-1). Эти предприятия, в силу сложившейся производственной деятельности, обладают необходимой производственно-технической базой, технологическим оборудованием и квалифицированным персоналом.

- *по производственной мощности.* Сервисная сеть предприятий автотехобслуживания классифицируется на крупные, средние и мелкие предприятия в зависимости от вида оказываемых услуг, их востребованности и производственной мощности (количества рабочих постов). Как правило, ведущие позиции на рынке автоуслуг занимают крупные и средние предприятия - центры технического обслуживания, станции технического обслуживания, которые являются головными предприятиями системы фирменного обслуживания и могут обеспечить максимальный уровень сервиса и качества обслуживания. Таких предприятий в городе немного - ЗАО «Орелоблавтотехобслуживание», ОАО «АвтоГарант», технические центры «Атлант - М» и «АвтоЕвразия», «Эталон» и др., оказывающими полный перечень услуг и обладающими большой пропускной способностью. На этих предприятиях действуют стандарты и нормативы производителя, осуществляется регулярный контроль качества как в работе с автомобилями, так и в работе с клиентами, соблюдается корпоративная дисциплина. Все это признаки цивилизованного рынка услуг техобслуживания и ремонта автомобилей.

Прямо противоположная картина наблюдается в секторе услуг, оказываемых гаражными мастерскими и мелкими сервисными предприятиями, специализирующимися на оказании узкопрофильных услуг (мойка, шиномонтаж, установка дополнительного оборудования). Как правило, предприятия не имеют государственной регистрации. Удельный вес этих предприятий в городе сохраняется достаточно большим. На таких предприятиях низкий уровень технологии технического обслуживания и ремонта, низкая культура обслуживания, низкая квалификация кадров, низкая эстетика производства, завышенная продолжительность выполнения работ. Гаражные мастерские образуют тот сегмент рынка, представители которого не неся каких – либо существенных затрат по содержанию и развитию своего бизнеса – покупка оборудования, сертификация услуг, обучение персонала, контроль использования качественных автопринадлежностей - привлекают клиентов демпинговыми ценами, уходят от налогообложения и требований санитарно-эпидемиологических, технических и экологических органов надзора.

Примерное распределение объемов сервисных услуг и трудоемкости работ по видам предприятий и формам обслуживания, обеспечивающих конкурентную среду в г. Орле, представлено на рис. 1.

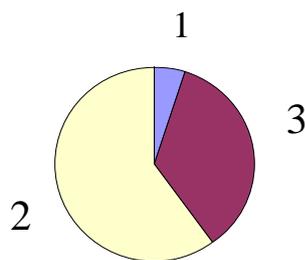


Рис. 1. Распределение объемов услуг и работ между предприятиями автосервиса в г. Орле:

1 - удельный вес крупных предприятий (5 %); 2 – удельный вес средних предприятий (60 %); 3 – удельный вес мелких предприятий (35 %).

Анализируя данное распределение, можно сделать вывод о рациональном распределении производственных структур субъектов автотехобслуживания в г. Орле.

Классификацию предприятий, оказывающих услуги автосервиса, можно расширить и дополнить, в частности по таким конкурентообразующим признакам как техническая оснащенность, уровень квалификации персонала, размещение предприятий, экологическая безопасность и т.п. Данная классификация может быть использована в процессе мониторинга рынка услуг для его сегментации и последующего дифференцированного подхода к разработке управляющих воздействий в области регулирования формирования и развития рынка услуг автосервиса.

Возможность поддержания автомобилей в технически исправном состоянии и восстановления его работоспособности в значительной степени определяется уровнем развития и условиями функционирования производственно - технической базы (ПТБ) предприятий автотехобслуживания, представляющей собой совокупность зданий, сооружений, оборудования, оснастки и инструмента.

Современное состояние ПТБ предприятий автосервиса в большинстве случаев не соответствует объемам и номенклатуре ТО и ремонта, эффективным формам организации производства, условиям применения новых технологических процессов, требованиям механизации труда обслуживающего персонала, типам и моделям современных автомобилей. Производственная база многих предприятий имеет большую степень износа, т. е. является физически устаревшей. При этом в последние годы положение усугубляется тем, что в связи с выпуском новых и модернизированных моделей автомобилей многие производственные помещения предприятий и некоторые виды технологического оборудования, не имея заметного физического износа, оказались уже морально устаревшими.

Опережающий рост численности парка автомобилей привел к тому, что в среднем по стране обеспеченность сервисных предприятий производственными площадями составляет 50 ...65 %, постами для технического обслуживания и текущего ремонта - 60 ...70 %, гаражным оборудованием – 70...80% от норматива, а уровень оснащенности производства средствами механизации процессов ТО и ТР не превышает 25 % от табельной потребности [2]. Такое состояние ПТБ приводит к неполному удовлетворению потребностей в услугах по ТО и ремонту, к значительным простоям автомобилей в ожидании обслуживания и к увеличению затрат на поддержание их в исправном состоянии.

Анализ технической оснащенности большинства предприятий автотехобслуживания в г. Орле показал наличие современного высокопроизводительного технологического оборудования (подъемники, стенды для проверки амортизаторов, стенды для установки углов управляемых колес, тормозные стенды), диагностического оборудования (сканеры, мультиметры, осциллографы, мотортестеры), механизированного инструмента отечественного производства и зарубежных фирм – производителей. Но вместе с тем, на ряде предприятий сохраняется недооснащенность производственных участков технологическим оборудованием и инструментом, необходимым для выполнения качественных ремонтных работ. Так, на отдельных СТО, большинстве гаражных мастерских и мелких СТО, сохранился непроизводительный и небезопасный вид технологического оборудования - осмотровые канавы.

В целом, уровень оснащенности предприятий автосервиса технологическим оборудованием не превышает 60 %: обеспеченность средствами диагностирования составляет 45 %, подъемниками - 75 %, специализированным ремонтным оборудованием - 60 %, средствами для механизации работ – 25 %.

Проведенные исследования показали, что только на 43% предприятий выполняется выходной контроль качества предоставляемых услуг, а входной контроль за редким исключением не выполняется вообще. Вместе с тем, «активная» приемка автомобиля с применением средств диагностирования позволяет не только грамотно осуществить заявочный ремонт, но и выявить скрытые неисправности систем автомобиля. Для любого клиента беспристрастные показания приборов являются убедительным доказательством необходимости выполнения дополнительных работ, что позволяет значительно увеличить загрузку предприятия и повысить его доходность. Этому же способствует и появляющаяся возможность предоставления такой услуги, как проведение независимой диагностики состояния автомобилей и его подготовка к прохождению государственного технического осмотра.

Следует отметить серьезную проблему недооснащенности предприятий производственными площадями. Так, на большинстве предприятий постовые работы выполняются на площадях значительно меньших для рационального обслуживания, а в некоторых случаях и небезопасных для трудовой деятельности персонала, с нарушением противопожарных и санитарно-гигиенических требований. Недостаточная обеспеченность предприятий производственной базой, производственными площадями и оборудованием приводит к тому, что образуется значительная очередь на ожидание, автомобили своевременно и качественно не обслуживаются, а, следовательно, клиенты покидают такие предприятия не обслуженными.

Технологическая взаимосвязь производственных подразделений, участков и зон на предприятиях автосервиса имеет важное значение для обеспечения соблюдения технологии производственного процесса и эффективного управления производством. Главным звеном производства является зона ТО и ТР, которая должна иметь технологические связи со всеми подразделениями вспомогательного и обслуживающего производств. Следует отметить, что на многих предприятиях нарушена технологическая взаимосвязь между структурными подразделениями производства, а это приводит к дополнительным непроизводительным затратам. Вместе с тем, нормами ОНТП и СНиП на предприятиях по обслуживанию автомобилей допускается выполнение технологически совместимых видов работ на одном участке, как правило, для средних и малых предприятий.

Инфраструктура предприятий автосервиса требует наличия постов ожидания технического обслуживания, постов выдачи готовых автомобилей, а также должна содержать необходимые инженерные коммуникации для организации производственной деятельности. Можно отметить, что на большинстве предприятий вообще отсутствуют стоянки для клиентов, а имеющиеся не являются достаточно удобными, вместительными, эстетичными и привлекательными. Отсутствуют дополнительные посты, необходимы для выполнения подготовительных работ на участках кузовного ремонта, окрасочных участках, отсутствуют участки сушки автомобилей, особенно актуальные для постов мойки в холодное время года. Это связано также с ограниченными земельными ресурсами многих предприятий или нежеланием руководства обратить внимание на такой важный элемент культуры производства. К этой же проблеме можно отнести отсутствие помещений для приема клиентов.

Большое значение для станций технического обслуживания имеют обустройство ее территории и поддержание порядка на ней. С точки зрения эффективности работы и привлечения клиентов на станции должны иметься кафе или другие пункты питания, место отдыха, магазин, бытовые помещения для работников. Необходимо отметить, что имеющиеся земельные участки предприятий автосервиса используются крайне нерационально, ситуация требует разработки соответствующих решений со стороны муниципальных властей.

По результатам проведенного анализа приходим к выводу, что современное состояние производственно — технической базы предприятий автосервиса характеризуется: низкими значениями фондооснащенности, фондовооруженности и механовооруженности; значительным износом основных фондов; низкой фондоотдачей, обусловленными несовершенством структуры капиталовложений в развитии ПТБ; малой эффективностью использования технологического оборудования; отсутствием решений, обеспечивающих эффективную реконструкцию и техническое перевооружение производства; несоответствием структуры производственно-технической базы прогрессивным формам организации производства; диспропорцией между мощностями подразделений ПТБ и объемами выполняемых работ; непригодностью существующей производственной базы к освоению новых моделей автомобилей.

На ранке автосервисных услуг города сложилась следующая проблематичная ситуация:

- потребности города в автосервисных услугах недостаточно обеспечены, предприятия автосервиса распределены по городу неравномерно, поэтому проблема обеспечения в количестве и территориальной доступности автосервисных услуг стоит очень остро;

- городские земли под объектами автосервиса используются неэффективно;
- низкий уровень производственно-технической базы, отсутствие квалифицированного персонала на большинстве предприятий автосервиса приводят к низкому качеству выполняемых работ.

Решение задачи повышения эффективности использования основных производственных фондов и поддержание постоянно растущего парка автомобилей в технически исправном состоянии возможно за счет дальнейшего совершенствования и развития производственно - технической базы предприятий автотехобслуживания. Эффективно работающее предприятие сочетает в себе широкое внедрение новой техники и передовых технологий, рациональных форм и методов организации производства и труда, применение прогрессивных методов обеспечения запасными частями и управления производственной деятельностью.

Разработка и выпуск модернизированных и новых моделей автомобилей обязательно потребуют привлечения дополнительных капитальных вложений в развитие материальной базы производства по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей. Развитие производства неразрывно связано со строительством новых, реконструкцией и техническим перевооружением действующих предприятий. Расширение, реконструкция и техническое перевооружение обеспечивает возможность наращивания мощностей в более короткие сроки и с меньшими затратами капитальных вложений, чем при новом строительстве.

Анализ динамики основных показателей рынка услуг автосервиса, по исследованиям ученых МАДИ, НИИАТ, НАМИ [2, 3], позволил определить основные тенденции его развития:

- рост числа автотранспортных средств – основного источника формирования спроса на услуги, тенденция к преобладанию автомобилей как отечественного, так и иностранного производства с длительным сроком эксплуатации;
- общая тенденция к росту объемов оказания услуг и росту количества предприятий автосервиса;
- увеличение доли ремонтных работ по сравнению с профилактическими;
- неравномерность территориального размещения предприятий автосервиса;
- снижение уровня качества обслуживания, квалификации кадров и специализации предприятий, отсутствие нормального снабжения запасными частями и др.

В основу дальнейшего развития рынка услуг автосервиса должны быть положены следующие принципы: обеспечение дорожной и экологической безопасности, максимальное удовлетворение потребностей автовладельцев, повышение качества технического обслуживания и ремонта, приближение предприятий к клиентам.

Литература

1. Доклад президента Национальной ассоциации предприятий технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств (НАПТО) на Всероссийской конференции «Автомобильный сервис в России: проблемы, задачи, реформа» г. Москва. 23.06.2005 г.
2. Техника транспорта. Анализ и отдельные аспекты технической политики. ФГУП «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта (НИИАТ)». - М.: Изд-во «Трансконсалтинг», 2002. – 78 с.
3. Миротин Л.Б. Управление автосервисом. – М.: Экзамен, 2004. – 320 с.

УДК 629.331.042

*Инж. А. С. Бодров**(Орловский государственный технический университет)**Россия, г. Орёл*

ОКРАСКА ПОРОШКОВЫМИ КРАСКАМИ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Применение порошковых красок в автомобилестроении долгое время сдерживалось отсутствием требуемых по качеству материалов и трудностями, связанными с ремонтной окраской, переходом с одного цвета покрытия на другой и т.д. Сейчас многие из перечисленных трудностей преодолены, и порошковые краски заняли достойное место в этой отрасли [1].

Типовой технологический процесс получения покрытий на основе порошковых лакокрасочных материалов состоит из следующих стадий:

- подготовка поверхности с применением обезжиривания, фосфатирования или хроматирования (для алюминиевых изделий);
- сушка изделий после подготовки;
- нанесение порошковых лакокрасочных материалов;
- отверждение покрытия при 160... 200°C в течение 10...20 мин.

Подготовка поверхности изделий перед нанесением порошковых красок так же важна, как и в случае применения жидких лакокрасочных материалов. Ее проводят теми же методами и с использованием тех же составов. В зависимости от материала, степени загрязнения и условий эксплуатации изделий применяют различные составы и способы обработки.

После подготовки поверхности изделие поступает в камеру сушки от влаги с рабочей температурой 120°C. Время обработки составляет 5...10 мин, метод сушки — конвекционный с циркуляцией горячего воздуха, способ нагревания воздуха — в зависимости от используемого теплоносителя.

Порошковые краски наносят в специальных камерах с системой фильтрации и рекуперации. Камеры нового поколения оснащены высокоскоростным циклоном, обеспечивающим возможность быстрой смены цвета краски.

Покрытия отверждают в сушильных камерах при 160...200°C в течение 10...15 мин. Метод сушки может быть конвекционный, с инфракрасным излучением или комбинированный. В качестве теплоносителей используют электричество, газ, мазут.

На сегодняшний день наибольшее развитие получила технология окраски порошковыми материалами дисков колес. За рубежом эта технология преобладает при окраске алюминиевых дисков колес.

Конструкция дисков из алюминиевых сплавов позволяет исключить труднодоступные для окраски поверхности сопряжения обода с диском, имеющиеся в сварных стальных конструкциях.

Технологический процесс окраски алюминиевых дисков обычно включает следующие операции:

- подготовка поверхности с обезжириванием, хроматированием и соответствующими промывками в струйном агрегате туннельного типа с последующей сушкой при 120...130°C в течение 7...10 мин;
- нанесение порошковой грунтовки в электрическом поле;
- отверждение при 160...200°C в течение 15...20 мин;
- нанесение порошковой краски в электрическом поле;
- отверждение при 160...200°C в течение 15...20 мин;
- нанесение порошкового бесцветного лака в электрическом поле;
- отверждение покрытия.

Учитывая конкретный способ изготовления алюминиевых дисков (ковка, штамповка, литье), технологию их окраски можно корректировать.

Литые диски колес, как правило, перед грунтованием подвергаются предварительной термической обработке при 200...220°C для выведения воздуха и газовых смесей из пор литья.

В противном случае газовые смеси могут выделяться после окраски при отверждении в сушильной камере и привести к дефектам полученного покрытия в виде проколов. Качество покрытий в данном случае во многом зависит от качества литья.

Окраска металлических сварных дисков колес осуществляется по следующей технологии:

- подготовка поверхности с фосфатированием и последующей сушкой;
- грунтование методом электроосаждения (катафореза или анафореза);
- сушка покрытия 25...30 мин при 180...200°C;
- нанесение порошковой краски в электрическом поле;
- отверждение покрытия;
- нанесение бесцветного порошкового лака;
- отверждение.

В некоторых случаях используют жидкий лак.

Практически на всех отечественных автомобильных заводах изготавливаются только металлические диски.

Окраска порошковыми материалами используется на Волжском автомобильном заводе по загрунтованной электроосаждением поверхности без нанесения лака. Заинский завод по производству дисков колес также применяет порошковые краски. На данную технологию ориентированы и другие заводы.

Много предприятий, не относящихся к автомобильной отрасли, производит алюминиевые диски колес и поставляет их на автозаводы, в магазины или экспортирует.

Другой объект применения порошковых материалов пружины амортизаторов. Их окрашивают краской П-ЭП-45.

Пружины амортизаторов на конвейере проходят в агрегат для подготовки поверхности, где последовательно подвергаются обезжириванию моющим составом КМ-1, фосфатированию раствором КФ-1, промывке и сушке. Далее они поступают в установку нанесения порошкового материала. Установка состоит из камеры автоматической окраски и двух камер ручной подкраски, снабжённых блоком рукавных фильтров для улавливания и возврата порошка. Оплавление, отверждение и охлаждение покрытий производится в конвективной пятиходовой камере, снабжённой газовым генераторами. Температура в зоне отверждения 180...200°C, время пребывания изделий 30 мин. Толщина получаемых покрытий 70...80 мкм, расход краски 80...90 г/м².

Положительный опыт применения порошковых красок имеется и на других автозаводах страны [2]. Например, на Павловском, Ликинском и Курганском автобусных заводах широко используют поливинилбутиральные краски для отделки поручней, кронштейнов, трубчатых каркасов сидений и других деталей автобусов. Покрытия наносят в аппаратах кипящего слоя. На автозаводах АЗЛК и ГАЗ проводились производственные испытания порошковых эпоксидных, полиэфирных и полиакрилатных красок отечественного изготовления с целью определения возможности их применения для наружной отделки автомобилей. Краски наносили на поверхность электростатическим распылением (установка фирмы Ransburg и распылитель AP-1), покрытия отверждали в сушильной камере конвективного типа. Поверхность подготавливали различными способами. Испытания показали, что требованиям автомобильной промышленности отвечают полиэфирные краски П-ПЭ-1130 и П-ПЭ-1130у.

На Горьковском автомобильном заводе также проводились испытания матовой эпоксидной краски П-ЭП-135. Краска наносилась на дверные ручки способом электростатического распыления и отверждали при температуре 180°C в течение 30 минут. Испытания показали, что покрытия из порошковой краски способны заменить применяемые сейчас гальванические покрытия; ручки с полимерным покрытием могут быть использованы для комплектования кабин грузовых автомобилей.

На заводе фирмы Ford в Кёльне работает установка для электростатического нанесения порошковых красок на бамперы автомобиля (раньше эти детали подвергались хромированию). Технологический процесс окраски включает операции: фосфатирование монофосфатом цинка, нанесение слоя грунта методом электроосаждения, напыления порошковой эпоксидной краски Vonaval чёрного цвета. Краску на наружную поверхность бампера наносят в камере с автоматическими электрораспылителями, на внутреннюю – на установке с ручными распылителями.

Американская фирма Michner внедрила технологию нанесения покрытий из порошковой материалов на колёса легковых автомобилей после хромирования. Хромированную поверхность тщательно очищают путём последовательной обработки растворами щёлочи, фосфата железа, хромовой кислоты, а затем, высушивают. На подготовленную таким образом поверхность методом электростатического распыления наносят слой порошкового полиуретанового лака. Формирование

покрытия производится за счёт обдувки колёс газами, нагретыми до температуры около 270°C. Образуется прочная прозрачная плёнка; внешний вид хромированной поверхности сохраняется.

Заслуживает внимания процесс нанесения покрытий из порошковой эпоксидной краски на шасси грузовых автомобилей (длина 6,7 м), организованной на заводе Pre Star (Англия). На подготовленную поверхность шасси порошок наносят в камере с пятью стационарными автоматическими электрораспыляющими устройствами Megastajet производительностью 40 килограммов в час. Получаемое чёрное покрытие толщиной 50 микрон обладает хорошими защитными свойствами.

С середины 70-х годов порошковыми красками стали окрашивать кузова легковых автомобилей: Для окраски в основном используются два типа материалов: эпоксидный, выполняющий роль грунт-шпатлёвки, и полиакрилатный – для верхних слоёв покрытий.

Японская фирма Honda одной из первых внедрила процесс грунтования кузовов автомобилей порошковыми материалами. Окраска кузова производится так называемым инверсионным способом, типичным для многих предприятий. Цикл состоит из подготовки поверхности, нанесения порошковой краски (грунтование), отверждения покрытия, нанесения жидкой грунтовки методом электроосаждения, сушки, промежуточного легкого шлифования, нанесения жидкого ЛКМ (верхний слой) методом электростатического нанесения и его отверждения.

Аналогичным способом окрашивают наружную поверхность кузова на заводе фирмы Fiat. Процесс окраски начинается с подготовки поверхности: низкотемпературного обезжиривания и ускоренного фосфатирования раствором монофосфата марганца. После тщательной промывки кузовов высушивают при 140°C в течение 20 мин и подают на грунтование. Порошковая грунтовка наносится в двух последовательно расположенных камерах. В первой с помощью четырех роботов окрашиваются труднодоступные места кузова (контурные части, внутренние поверхности крыльев), во второй, имеющей форму туннеля, – все остальные поверхности: кабина, капот, крылья и днище. В ней краска наносится с помощью 10 автоматических распылителей. На выходе кузовов дополнительно окрашивается вручную двумя распылителями. Для отверждения покрытия служит конвективно-терморadiационная сушильная установка. Время отверждения при 180°C – 15 мин. Толщина покрытия на лицевой части – 60-80 мкм, на днище – 50-60 мкм.

После нанесения порошкового грунтовочного слоя на наружную поверхность методом анодного электроосаждения водной грунтовкой окрашивают внутреннюю поверхность кузова процесс ведут при напряжении 280...300 В; получают покрытие толщиной 20...30 мкм. При этом окрашиваются все участки поверхности, недоступные для порошковой грунтовки. Сушку электрофорезной грунтовки проводят при температуре 180°C в течение 30 мин при этом происходит дополнительное отверждение порошкового материала.

Завершающая стадия окраски – нанесение верхнего покрытия – осуществляется обычным способом с помощью жидких меламиноалкидных эмалей.

Осваивается процесс окраски кузовов автомобилей, при котором порошковые краски служат материалом верхних покрытий. Так, фирма Sames Elektrostatic изготовила и поставила для японских автомобильных заводов две пилотные установки для нанесения порошковых красок на наружную поверхность легковых автомобилей. Процесс окраски кузовов включает операции: обезжиривание, фосфатирование, грунтование поверхности электроосаждением, нанесение слоя эпоксидной порошковой краски, шлифование, нанесение покрывного слоя порошковой полиакрилатной краски способом электрического распыления.

Европейские автомобильные фирмы BMW и Mercedes-Benz приступили к внедрению порошковых красок для верхних прозрачных покрытий кузовов в первой половине 1990-х гг. С этой целью они использовали и продолжают использовать соответствующие материалы крупнейших лакокрасочных компаний: BASF, PPG, Hoechst и др.

К настоящему времени порошковыми материалами компании BASF на заводах фирмы Mercedes-Benz окрашено свыше 300 000 автомобилей. Очень хорошие технико-экономические результаты по нанесению прозрачных верхних порошковых покрытий получены изготовителями автомашин BMW. По этой технологии на автозаводах BMW ежедневно окрашивается более 1000 кузовов. Серьезный интерес к порошковым ЛКМ проявляют европейские компании Volvo и Audi.

Что касается американских автомобилестроителей, то они заинтересовались порошками для отделочных покрытий несколько позднее. В 1993 г. три крупнейшие автомобильные компании США Ford, General Motors и Chrysler составили проект о намерении заменить отделочные акриломеламинные лаки порошковыми системами. В 1996 г. этот проект вступил в стадию экспериментальной проверки, а в 1997 г. на одном из заводов фирмы Ford была запущена первая линия по нанесению порошковых

прозрачных покрытий на кузова автомобилей. По прогнозам американских специалистов, эта технология получит ускоренное развитие после 2000 г.

Внедряя порошковые системы на автомобильных заводах, специалисты преследуют цель не только снизить эмиссию летучих органических соединений, но и сократить объемы жидких и твердых отходов, образующихся при окраске автомобилей.

Таблица 1

Сравнительная характеристика комплексных систем для отделки автомобилей с точки зрения экологической полноценности

Структура покрытия	Тип лакокрасочного материала				Эмиссия летучих, г/см ²
	Грунтовка	Шпатлёвка	Базисный слой	Отделочный слой	
1	Электрофорезная	Органо-разбавляемая	Органо-разбавляемый	Органо-разбавляемый	76
2	Электрофорезная	Водо-разбавляемая	Водо-разбавляемый	Водо-разбавляемый	36
3	Электрофорезная	Водо-разбавляемая	Водо-разбавляемый	Водо-разбавляемый	27
4	Электрофорезная	Водо-разбавляемая	Водо-разбавляемый	Порошковый	20

Таблица 2

Сравнительная характеристика лакокрасочных материалов для верхних отделочных слоёв

Показатели	Тип лакокрасочного материала		
	Порошковый эпоксиакриловый	Акриломеламинный одноупаковочный	Акрилоуретановый двухупаковочный
Толщина слоя, мкм	60...80	40	40
Текучесть	0	1...2	0...1
Эластичность	0	0	0
Твёрдость	2	2	1
Устойчивость к воздействию			
- растворителей	4	3	0
- 10 %-й H ₂ SO ₄ (при 90 °С)	0	5	0...1
- искусственного кислотного дождя	0	5	1
- масла и сажи (48 часов при 40°С)	0	1	0

Примечание: показатели приведены в баллах от 0 до 5, где 0 означает «очень высокая», 5 – «очень низкая»

Применение порошковых красок позволяет снизить энергозатраты при производстве покрытий на 20-40 % по сравнению с использованием традиционных жидких лакокрасочных материалов. За счёт автоматизации процесса нанесения покрытий, повышается производительность труда, уменьшаются производственные площади, сокращаются расходы материалов. Так, если коэффициент использования традиционных жидких красок (в зависимости от сухого остатка и метода нанесения) составляет 25-65 %, материалов с высоким содержанием нелетучих – 80-85 %, то в случае порошковых красок – 97 %.

Анализ мирового развития производства и применения порошковых красок показывает, что технология покрытий, связанная с использованием порошков, является наиболее перспективной и многообещающей. Она отвечает всем требованиям современного периода – экономии, экологии и безопасности производства. Из всего многообразия существующих лакокрасочных материалов только

порошковые краски обеспечивают безотходную технологию покрытий, полное отсутствие загрязнений окружающей среды, самый высокий процент использования наносимого материала.

Литература

1. Корякина М.И. Физико-химические основы процессов формирования и старения покрытий. М.: Химия, 1990. – 216 с.
 2. Зубов П.И., Сухарева Л.А. Структура и свойства полимерных покрытий. М.: Химия, 1992. – 256 с.
-
-

УДК 371.014.3

*Канд. пед. наук, доц. Г. В. Букалова
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Рост самооценки высшего образования для современной молодежи становится все более и более очевидным. Причина тому закономерное соответствие образовательной системы социально-экономическому строению общества, которое в определенном смысле «принуждает» личность к получению образовательного ценза негласно утвержденного обществом. «При этом свобода личности не элиминируется, она сближается, совмещается со свободой общества» [1].

Проблема рационального удовлетворения образовательных потребностей молодежи справедливо связывается с проблемой управления качеством образования.

В научно-педагогической литературе последнего времени качество образования зачастую рассматривается только как условие успешного позиционирования учебного заведения на «рынке образовательных услуг». Но даже вся очевидность современной экспансии рыночных отношений в образовательную сферу не представляет возможности правомерного рассмотрения качества образования лишь в двумерных координатах рыночного обмена «спрос-предложение» в виду того, что образование это феномен культуры, атрибут общества и механизм совершенствования общества. Однако столь высокая миссия образования не исключает экономической основы актуальности его качества.

Причины актуальности-образования становятся понятными, если обратить свой взгляд в сторону современной экономики. Тенденция современной социально-экономической эволюции - это изменение характера экономики на экономику наукоемкую, интеллектоемкую. Изменение содержания категории стоимости приводит к тому, что стоимость все больше становится измерителем не столько затрат абстрактного труда в виде физических усилий человека и энергетических затрат, сколько затрат интеллектуальных, затрат знаний. Интеллектуализация экономики обуславливает появление **надтоварной конкуренции**, сущность которой выражается в конкуренции по качеству интеллектуальных ресурсов и, следовательно, - по качеству образования персонала.

Современная динамика технологического и экономического развития общественного производства в значительной степени обесценила (и продолжает обесценивать) профессиональный опыт специалистов старшего поколения. А ведь до недавнего времени старшее поколение специалистов выполняло функцию сохранения профессионального опыта и передачи его в процессе производственной деятельности поколению молодых специалистов. Явление разрыва преемственности профессионального опыта между «отцами» и «детьми» требует опережающего развития профессиональной компетенции

специалистов, что актуализирует потребности в образовании высокого качества. При этом качество образования можно представить как сбалансированное соответствие результата, процесса и образовательной системы вуза целям, нормам и требованиям государства, общества и личности [2]. Таким образом, ясное понимание того, что качество образования это императив успешности функционирования учебного заведения, позволяет подчинить ему все аспекты управления образовательным процессом, а не рассматривать качество, лишь как один из его аспектов. Требование гарантированности обеспечения определённого уровня качества подготовки специалистов влечёт за собой необходимость формирования особой функционально-организационной структуры вуза - системы управления качеством образования. При этом гарантированность качества образования вовсе не означает гарантированности в механистическом представлении. Для образовательного процесса характерна очень высокая степень неопределенности и поэтому дилемма гарантированности и стихийности качества образования может быть преодолена лишь через представление об управляемости стихийностью результата образования.

Система качества понимается как совокупность организационной структуры, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления управления качеством, представляемого вузом образования. Такой аспект образовательного процесса, как качество, всегда требует конкретизации позиции рассмотрения. Формирование качества образования, как результата функционирования образовательной системы, охватывающей процесс подготовки специалиста по данной специальности, позволяет чётко определить границы влияния системы управления качеством (СУК). Четкое выделение границ СУК является условием эффективности её функционирования. Основанием к этому служит положение теории систем, гласящее, что «...эффективность функционирования системы зависит от чёткости определения её границ. Если границы системы размыты или система переходит в границы других систем, то эффективность её функционирования снижается»[3]. Качество, как философская категория, всегда подразумевает сравнение должного и сущего. Это обуславливает выявление критериев качества, что в свою очередь центр внимания фокусирует на двух социально значимых системах: системе трудовой деятельности и системе профессионального образования»[4].

С одной стороны, эти системы самостоятельны, каждая из них имеет чётко определённые границы. С другой стороны, взаимосвязь их очевидна. Прогрессивное развитие общества требует гармонизации этого взаимодействия. Гармония же взаимодействия основывается на согласованности элементов этих систем. Уровень согласованности систем и определяет качество профессионального образования.

С позиции образовательной системы к объектам согласованности можно отнести те знания, умения, навыки и свойства личности, которые необходимы специалисту для осуществления профессиональной деятельности. С учётом этого нормативные требования к качеству профессионального образования могут быть установлены из двух источников:

- из государственного стандарта профессионального высшего образования;
- из общепрофессионального квалификационного справочника, утвержденного Департаментом труда РФ, признаваемого нормативным документом, составляющим основу для разработки должностных инструкций специалистов [5]. В справочнике содержатся требования в отношении специальных знаний, методов и средств, которые работник должен применять при выполнении должностных обязанностей.

Указанное ограничение сферы влияния системы качества рамками подготовки по специальности неизбежно смещает доминанту рассмотрения традиционной проблемы качества подготовки по дисциплине на проблему целостной подготовки студентов по специальности. Если за основной критерий качества образования принять способность выпускника строить целостные модели решения профессиональных проблем, то в качестве методической основы СУК может быть использован **интегративный учебный комплекс** по специальности.

Сущность интегративного учебного комплекса проясняется из технологии его создания, которая состоит из следующих этапов:

- определение компонентов комплекса с позиций требований государственного стандарта образования (ГСО) и общепрофессиональных квалификационных характеристик специалиста по данному направлению;
- выявление компонентов комплекса с позиций каждой учебной дисциплины, представленной в учебном плане подготовки по специальности. Следует заметить, что содержание каждой учебной дисциплины определено ГСО каждое его требование обязательно к исполнению. В состав же интегративного учебного комплекса отбираются лишь те элементы содержания учебной дисциплины,

которым может быть присвоен статус базовых с позиций квалификационных характеристик специалиста;

-объединение выявленных компонентов в концептуальную модель подготовки специалиста.

Особо важным представляется необходимость придания этой модели нормативного статуса, что создаёт условия для **гарантированности** достижения запланированного качества подготовки специалиста. Нормативный статус концептуальной модели подготовки специалиста может быть реализован за счёт представления её в виде научно-педагогического стандарта вуза. На основе этого стандарта возможно документирование процедур системы управления качеством, т.е. создание рабочих инструкций и, детализирующих их, методик системы качества.

Совокупность научно-педагогических стандартов выступает как средство системного управления качеством образования. Процесс стандартизации позволяет выделить и закрепить нормы качества. Примеры стандартов внутривузовской системы качества это методики документированных процедур: корректирующих действий, предупреждающих действий; внутрисистемного обмена информации и т. д. Отсутствие же единых требований, представленных в статусе научно педагогических стандартов, грозит потерей целостности, интегративности в подготовке специалиста.

В качестве основы для разработки принципов внутривузовской системы управления качеством (СУК) может быть использован широко известный и признанный подход менеджмента качества - всеобщее управление на основе качества, представленный в международных стандартах серии ИСО 9001. Следует заметить, что использование этого подхода в данном случае рассматривается лишь как средство реализации педагогических идей. Идеология управления качеством в сфере материального производства не может быть полностью перенесена на область образовательной деятельности в силу «своеобразия социокультурной природы высшего образования как сферы духовного производства, доминирования его общественно-экономической полезности над индивидуальной» [3]. Вместе с тем, заимствование из идеологии стандартов ИСО процессного подхода в качестве методологической основы внутривузовской СУК представляется правомерным и целесообразным. Сама логика образования есть, прежде всего, логика процессуальности: логика развития и становления. Под процессом при этом понимается совокупность взаимосвязанных видов деятельности, преобразующих входы и выходы.

Процесс управления качеством - это процесс обучения одной дисциплине или блоку взаимосвязанных дисциплин. В образовательной практике зависимость выхода в процесс от его входа отличается высокой сложностью; на выход процесса оказывают влияние множество факторов, зачастую не поддающихся управлению, но принципиальным в процессном подходе является то, что между результатом на выходе и управляемыми характеристиками процесса существует объективная связь.

Реализация процессного подхода требует выполнения определённых. «Владелец процесса», т.е. тот, кто осуществляет деятельность, должен иметь возможность формировать результат на выходе за счёт объема своих полномочий, достаточных для влияния на характеристики входа в процесс и для изменения по своему усмотрению элементов внутри процесса. Кроме этого, необходима возможность оценить соответствие результата процесса и поставленных целей обучения. В системе качества неизбежно формирование иерархии процессов. Структурирование системы управления качеством на основе процессного подхода требует выделения процессов, определение ответственности, четких полномочий в управлении процессами и анализа ресурсного обеспечения процессов.

Система образования основывается на понимании мира и человека. Мировоззренческие представления определяют принципы организации образования, поэтому стремление сформировать систему управления качеством как самоорганизующуюся и саморазвивающуюся систему вынуждает обернуться в сторону синергетики – нового междисциплинарного подхода, располагающего средством для философского анализа указанной проблемы, «позволяющего мыслить многое как единое, оставаясь на твердой почве конкретных задач». Синергетика заставляет взглянуть на мир образования другими глазами, убеждая за исходное начало брать не систему как целое, в ее статическом состоянии, а человека как постоянного источника стихийности, неупорядоченности и то же время – источника развития. Процесс формирования компетенций специалиста рождается в действии системы образования, приобретает собственные свойства и начинает развиваться по своим законам, выводимым из действий системы, но не сводимым к ним. Сложность и многообразие задач инженерной деятельности требуют индивидуальной инициативы специалиста, а следовательно, и индивидуального разнообразия. Именно поэтому свободное развитие индивидуальности специалиста и можно считать условием достижения качества инженерного образования. Мировоззренческая интерпретация идей синергетики указывает, что соблазн создать некую методику, основанную на жесткой детерминации и обеспечивающую «выпуск специалистов высокого качества» - это тупик. Более перспективным представляется формирование

такой образовательной среды, структура и процедуры функционирования которой позволят вовлечь обучающихся в открытый мир профессиональных и квазипрофессиональных проблем, что в свою очередь предоставит возможность каждому из них реализовать и развить свои потенциальные возможности. Ценность самоорганизации, саморегуляции, казалось бы, предполагает широкую свободу и самостоятельность обучающихся. Однако синергетическая теория убедительно доказывает, что образование не может быть полностью самоопределяемо индивидами в силу того, что при этом оно приобретает закрытый характер. Открытость же системы – ключевое условие продуктивности ее функционирования. Эту ключевую функцию – обеспечение открытости образовательного процесса и берет на себя система управления качеством образования.

Литература

1. Шленов Ю.В. Модернизация образования – стратегическая задача научно-педагогической общественности высшей школы // Качество. Инновации. Образование. 2003, №1. – С. 3-7.
 2. Семин Ю.Н. Квалитативная технология междисциплинарной интеграции содержания инженерной подготовки // Образование и наука. - Екатеринбург, 2001.-№3(9). –С.23-27.
 3. Новое качество высшего образования в современной России. Концептуально- программный подход / Под науч. ред. Н.А.Селезневой и А.И. Субетто. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1995. -176с.
 4. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня. 2003, №5. – С.11-15.
 5. Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих. Министерство труда и социального развития РФ.- М.,2000. -312с.
-
-

УДК 621.878.6

Канд. техн. наук Д. В. Данилевич, студ. В. В. Поляков
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел

Использование особенностей процесса резания грунтов при расчете устойчивости откосов

Изучая вопросы расчета усилий лобового резания рабочими органами землеройных машин, авторами была выдвинута идея о возможности использования разработанных математических моделей процесса резания грунта для решения задач по устойчивости откосов и склонов.

Анализ устойчивости массивов грунта имеет очень большое практическое значение при проектировании земляных сооружений: насыпей, выемок, дамб, земляных плотин больших вскрышных котлованов и других подобных сооружений. Вопросы расчета предельного напряженного состояния грунтового массива, несмотря на довольно солидные разработки в этой области, приобретают все большую актуальность, тем более что появляются инструменты, позволяющие по-новому подойти к этой проблеме.

В механике грунтов поверхности скольжения рассматривают при расчете несущей способности ленточных фундаментов и определении устойчивости откосов земляных сооружений [1]. Касательные напряжения (напряжения сдвига) в предельном состоянии, т.е. непосредственно перед отрывом элемента массива определяются по формуле Кулона:

$$|\tau_n| = \sigma_n \operatorname{tg} \rho + c, \quad (1)$$

где τ_n - предельное касательное напряжение;
 σ_n - предельное нормальное напряжение;
 ρ - угол внутреннего трения грунта;
 c - сцепление среды.

Для оснований массивных фундаментов предельную нагрузку определяют с учетом уплотненного ядра ограниченных смещений, формирующегося под подошвой жестких фундаментов, что является задачей математически сложной, решение которой в замкнутой форме не получено. В этом случае используют упрощенное решение, в котором, очертания поверхностей скольжения задаются совпадающими с точными значениями по результатам численного решения системы дифференциальных уравнений предельного равновесия.

Для плоской задачи (рис. 1): в треугольниках Obc и $O_1b_1c_1$ - два семейства сопряженных прямых, наклоненных к горизонтали под углом $(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2})$, где φ - угол внутреннего трения грунта; в секторах Oab и O_1ab - пучки прямых, проходящих через точки O и O_1 , и семейство логарифмических спиралей, а угол наклона жесткого ядра к подошве принят равным $\delta \approx \pi/4$ [1].

Анализ результатов проведенных за последние десятилетия огромного числа полевых и лабораторных испытаний по определению предельной несущей способности грунтов при загрузке их различными штампами (фундаментами), данные которых опубликованы [2], позволяет сделать следующие выводы:

- для идеально связных глинистых грунтов наблюдается почти полное совпадение теоретических и экспериментальных результатов;

- существующие аналитические методы расчета дают для практики решения с некоторым запасом и требуют дальнейшего развития с более точным учетом граничных условий, слоистости напластований грунтов и кинематической допустимости решений.

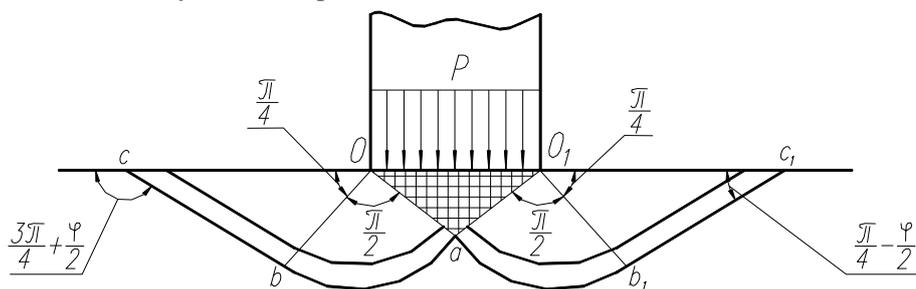


Рис. 1 Схема линий скольжений при расчете устойчивости ленточных фундаментов

Грунт при сдвиге является вязкопластичным телом, для анализа такой реологической среды используют реологическую модель Шведова-Бингама, представляющую собой параллельное соединение моделей среды Ньютона и Прандтля [2]. Уравнение течения вязкопластичного тела:

$$\tau_{\max} = \sigma_n \operatorname{tg} \rho + c + \eta \varepsilon, \quad (2)$$

где η - коэффициент пластической вязкости;

$$\varepsilon = \frac{dv}{dt} - \text{относительная скорость деформации сдвига};$$

Рассмотрим вопрос устойчивости массива грунта. Сопротивление оползанию массива может быть определено рассмотрением условия равновесия призмы грунта, ограниченной поверхностью скольжения (рис. 2).

На поверхности скольжения нормальная составляющая N_2 и касательная:

$$N_2^r = N_2 \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi \cdot c \cdot S_2 + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} S_2, \quad (3)$$

где S_2 - площадь поверхности скольжения.

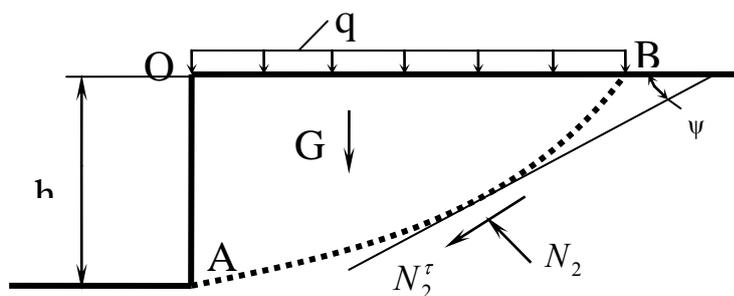


Рис. 2. Схема для расчета устойчивости откоса

Математическая модель для рассматриваемого случая с учетом свойств грунта может быть получена решением системы уравнений подвижного равновесия:

$$\sum X = N_2 \sin \psi + (N_2 \operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi \cdot c \cdot S_2 + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} S_2) \cos \psi = 0; \quad (4)$$

$$\sum Y = N_2 \cos \psi + (\operatorname{tg} \varphi \cdot c \cdot S_2 + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} S_2) \sin \psi - G - q S_3 - c \cdot S_4 = 0,$$

где G - сила тяжести грунта, ограниченного плоскостью скольжения;

q - распределенная нагрузка;

S_3 и S_4 - площадь действия распределенной нагрузки и давления связности.

Однако при анализе возможных форм поверхности скольжения необходимо сразу отказаться от плоской поверхности, так как такое допущение приводит к значительному расхождению с данными экспериментов. Это, тем более очевидно, что даже сам Кулон полагал возможной криволинейную поверхность сдвига.

При глубине откоса h , ширине участка b и плотности грунта γ сила тяжести массива G , ограниченного плоскостью скольжения, $G=b\gamma F_{OAB}$, где F_{OAB} – площадь фигуры OAB . Площадь массива, ограниченная поверхностями скольжения, определяется выражением:

$$F = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} f^2 \theta \, d\theta, \quad (5)$$

где f – уравнение кривой скольжения; α – угол резанья;
 β – угол между склоном и поверхностью массива грунта.
 θ – полярный угол между углом резания и поверхностью массива.
 Тогда сила тяжести грунта, ограниченного плоскостями скольжения:

$$G = \frac{b\gamma}{2} \int_{\alpha}^{\beta} f^2 \theta \, d\theta. \quad (6)$$

Площадь криволинейной поверхности скольжения S_2 в массиве грунта зависит от длины участка, кривой, которая в общем виде определяется выражением:

$$l_{AB} = \int_{\alpha}^{\beta} \sqrt{f^2 \theta + f' \theta^2} \, d\theta, \quad (7)$$

где f' – первая производная кривой скольжения, равная $\frac{df}{d\theta}$.

Тогда площадь скольжения:

$$S_2 = b \cdot l_{AB}. \quad (8)$$

Площадь S_3 действия распределенной нагрузки q определяется длиной участка OB при $\theta=\beta$:

$$S_3 = b \cdot l_{OB}. \quad (9)$$

Площадь S_4 действия давления связности (сцепление c грунта на поверхности скольжения) для данной расчетной схемы $S_4 = S_3$:

$$S_4 = b \cdot l_{DB}. \quad (10)$$

Нахождение функциональных зависимостей поверхностей скольжения для различных типов грунтов возможно путем исследования конечно-элементных моделей откосов.

Литература

1. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): Учебное пособие для строительных вузов. – М.: Высш. шк., 1983. – 288с.
2. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учебник для вузов по дисциплине "Дорожные машины" для специальностей 170900, 230100,150600/ В.И. Баловнев и др. – Москва-Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 528 с.: ил. 209.

УДК 621.792.927

Канд. техн. наук, ст. препод. В. В. Жуков
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ГОЛОВОК БЛОКОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В современных машинах и оборудовании все шире применяют детали из легких сплавов, обладающих большей относительной прочностью и технологичностью изготовления, значительно снижается масса конструкций, машин, аппаратов (плотность алюминия составляет $2,6...2,8 \text{ г/см}^3$, что почти в 3 раза меньше плотности стали), повышаются долговечность и грузоподъемность транспорта, уменьшаются на $10...15\%$ эксплуатационные расходы.

Положительным свойством алюминиевых сплавов являются их высокая теплопроводность (в $3...4$ раза выше стали), что очень важно для таких деталей как поршни, головки и блоки цилиндров. Одной из наиболее ответственных и ресурсообеспечивающих деталей автомобильного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является головка блока цилиндров.

Литейные алюминиевые сплавы, применяемые для изготовления головок блоков цилиндров, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Алюминиевые сплавы, применяемые для изготовления головок блока цилиндров

Марка сплава	Назначение
(АЛ3)	Головки блоков отечественных двигателей воздушного охлаждения
АК9ч(АЛ4)	Головки блоков двигателей водяного охлаждения отечественных автомобилей ГАЗ-53А, ГАЗ-66, ЗИЛ-130, легковых автомобилей ГАЗ, ВАЗ, АЗЛК.
АК5М(АЛ5)	
АК7ч(АЛ9)	
АК12ММгН(АЛ30)	
(АЛ6)	Головки блоков четырехцилиндрового двигателя английской фирмы Hillman.
АМг5К(АЛ13)	Головки блоков двигателей воздушного охлаждения Tatra-603
Сплав 390	Головки блоков американского шестицилиндрового двигателя воздушного охлаждения Chevrolet-Corvaир
LM25	Головки блоков восьмицилиндрового V-образного двигателя английского автомобиля Rover.
GK-ALSi6Cu4	Головки блоков двигателей автомобилей немецких концернов BMW, Volkswagen

При работе двигателя головка цилиндров испытывает воздействие высоких температур (до 850°C), кроме этого имеют место значительные колебания температуры при запуске, изменении режима работы и остановке двигателя [1]. Во время работы двигателя происходит ряд процессов, оказывающих влияние на состояние головки цилиндров, основными из которых являются: вибрация деталей, изменение температуры и физических свойств охлаждающей жидкости, естественное старение и усталость материала.

Для ремонта головок блока ДВС необходимо знать их техническое состояние, характер дефектов, а так же их износ. Эти критерии являются основными исходными показателями при назначении

технологии восстановления изношенных поверхностей. Головка блока цилиндров имеет следующие характерные износы и дефекты: износ фасок клапанных седел, износ внутренних поверхностей направляющих втулок, коробление и коррозионный износ поверхности прилегания головки к блоку цилиндров, трещины повреждение резьбы в резьбовых отверстиях, нагар и смолистые отложения на поверхности камеры сгорания.

В настоящее время в ремонтном производстве для восстановления плоскости прилегания головок блока цилиндров из алюминиевых сплавов применяются следующие способы: аргонодуговая наплавка, наплавка намораживанием, газодинамическое напыление, электродуговая металлизация [2].

Аргонодуговая наплавка.

Наплавка - по процесс нанесения слоя металла плавлением посредством установления межатомных связей между восстанавливаемой поверхностью и наплавляемым материалом. Для восстановления алюминиевых головок блока применяют электродуговую наплавку неплавящимся (вольфрамовым) электродом в среде аргона. В качестве наплавляемого материала используют присадочную проволоку Св-АМг6.

Аргонодуговой наплавке присущ ряд недостатков, таких как значительные термические воздействия на деталь, способствующие образованию внутренних напряжений, которые приводят в последствии к деформации плоскости прилегания, а так же низкая производительность восстановления.

Наплавка намораживанием.

Является одной из разновидностей наплавки. Головку блока погружают в кокиль с расплавом алюминиевого сплава и сообщают колебания в горизонтальной плоскости одновременно с качательными движениями. В результате более низкой температуры детали расплав, постепенно кристаллизуется «намораживается» на поверхности восстанавливаемой головки блока. Недостатком способа является то, что, несмотря на внешнюю простоту, он имеет весьма узкие интервалы изменения технологических параметров, при которых получается качественный слой твердого сплава заданной толщины.

Газодинамическое напыление.

Газодинамическое напыление представляет собой процесс нанесения покрытий, включающий в себя нагрев сжатого газа (воздуха), подачу его в сверхзвуковое сопло и формирование в этом сопле сверхзвукового воздушного потока, подачу в этот поток порошкового материала, ускорение этого материала в сопле сверхзвуковым потоком воздуха и направление его на поверхность обрабатываемого изделия.

В качестве порошковых материалов используются порошки металлов, сплавов или(и) их механические смеси с керамическими порошками. При этом за счет изменения режимов работы оборудования можно наносить металлические покрытия требуемых составов, а также менять их пористость и толщину. Недостатком способа является невысокая адгезия, низкая производительность и высокая стоимость применяемого оборудования, высокий уровень шума.

Плазменное напыление.

Плазменное напыление основано на способности газов при определенных условиях переходить в состояние плазмы, которая представляет собой ионизированный поток газа при высоких температурах. Напыляемый порошок расплавляется и переносится на восстанавливаемую поверхность детали с помощью плазменной струи.

Основным недостатком является невозможность компенсации больших износов (3.3мм).

Восстановление полимерными материалами.

Способ основан на нанесении на восстанавливаемую поверхность композиционного материала. Для восстановления привалочной плоскости головок используют следующий состав (масс. %): бакелитовый лак 15..20, ацетон 10... 16, алюминиевая пудра 9... 15, крокус 55...60.

Недостатком способа является невозможность компенсации больших износов и невысокая коррозионная стойкость.

Электродуговая металлизация.

Электродуговая металлизация представляет собой процесс, при котором металл (чаще всего в виде проволоки) расплавляется электрической дугой и затем струей сжатого воздуха наносится на поверхность восстанавливаемой головки блока. Дуговая металлизация имеет ряд преимуществ, связанных в первую очередь с возможностью повышения производительности процесса за счет использования большей силы тока. При использовании в качестве электродов проволок из двух различных металлов можно получить покрытия из их сплавов. Восстанавливаемая поверхность прилегания головки блока не расплавляется, а ее температура повышается не более чем на 100... 150⁰С, поэтому не происходит коробления и нарушения термообработки.

Восстановленная выше перечисленными способами головка блока цилиндров не обеспечивает требуемую долговечность ДВС.

Для упрочнения головок блока цилиндров из алюминиевых сплавов работающих в достаточно тяжелых условиях, эффективны керамические покрытия. Они характеризуются высокими уровнями точек плавления, прочности на сжатие, сохраняющихся при высоких температурах, а также стойки к окислению. Наряду с перечисленными свойствами они обладают адгезионной прочностью, стойкостью к термоударам и вибрациям.

Одним из современных и прогрессивных способов, позволяющих получать на поверхности восстанавливаемой головки блока цилиндра из алюминиевого сплава, является микродуговое оксидирование (МДО). Способ позволяет получать новый поверхностный модифицированный слой, характеризующийся высокими физико-механическими характеристиками и коррозионной стойкостью. Сущность МДО заключается в том, что образование защитного оксидного покрытия происходит в условиях, когда под действием высокого напряжения, прикладываемого между металлическим корпусом электрохимической ванны и погруженными в электролит обрабатываемыми изделиями, на их поверхности возникают мигрирующие точечные микроплазменные разряды. В результате на поверхности детали образуется стабильная кристаллическая модификация оксидов алюминия.

Способ МДО является результатом развития традиционного анодирования, т.е. электрохимического окисления анода в электролите, но отличается от него как по режимам формирования, так и по свойствам получаемых покрытий и имеет перед ним ряд преимуществ: не требуется специальная предварительная подготовка обрабатываемой поверхности; возможность получать толстые (до 400 мкм) без применения сложного холодильного оборудования; их высокая твердость и износостойкость, регулируемая пористость; экологическая чистота самого процесса и его продукта. В зависимости от химического состава сплава, режимов МДО и компонентов электролита на деталях из алюминиевых сплавов формируются сложные по фазовому составу покрытия, включающие в себя высокотемпературные модификации α - и γ -оксиды Al_2O_3 , фазы муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ и другие сложные соединения в переходном слое между покрытием и металлом.

Поскольку покрытия, нанесенные способом МДО по своей структуре и составу близки к керамическим материалам и обладают высокими теплоизоляционными свойствами и устойчивы к тепловому удару до $2500^{\circ}C$ они могут быть использованы в качестве жаростойких и теплозащитных, несмотря на то, что коэффициент термического расширения SiO_2 составляет 2×10^{-6} град $^{-1}$, а алюминиевых сплавов 20×10^{-6} град $^{-1}$. Прочность сцепления с основой (адгезия), получаемых способом МДО покрытий, достигает 350 МПа, что дает возможность применять их при больших контактных нагрузках. Износостойкость покрытий, полученных способом МДО на рациональных режимах, сравнима с материалами на основе карбида вольфрама. Кроме того, МДО-покрытия обладают высокой коррозионной стойкостью, что определяется малой пористостью и химической инертностью самого покрытия.

Таким образом, все выше перечисленные достоинства МДО-покрытий позволят значительно увеличить долговечность такой ресурсопределяющей детали, как головка блока цилиндров ДВС.

Литература

1. Гурвич И.Б., Сыркин П.Э., Чумак В.И. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей - 2-е изд., перераб. и доп- М.: Транспорт, 1994.-144 с.
 2. Пустовалов М.А. Надежность головок цилиндров автомобильных двигателей, используемых в сельском хозяйстве, и разработка технологии их восстановления (на примере двигателя ЗИЛ-130). Автореф. дис. к.т.н. - М., 1987 - 24 с.
-
-

УДК 621.822.1:621.893

*Канд. техн. наук, доц. А. В. Коломейченко, асп. Н. В. Титов
(Орловский государственный аграрный университет)*

Россия, г. Орел

*Канд. техн. наук, доц. В. Л. Басинюк, канд. техн. наук Е. И. Мардосевич
(Институт механики и надёжности машин НАН Беларуси)*

Белоруссия, г. Минск

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕРАЗЪЁМНЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ПОСТАНОВКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ ДЕТАЛЕЙ, УПРОЧНЁННЫХ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ, С ПОСЛЕДУЮЩИМ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ

В настоящее время подшипники скольжения продолжают оставаться одним из наиболее распространённых узлов трения машин и механизмов, что связано, главным образом, с их высокой технологичностью и ремонтпригодностью, а также относительно низкой себестоимостью при серийном производстве. В общем объёме их производства значительную часть занимают неразъёмные подшипники скольжения (втулки) из антифрикционных материалов, широко используемые в конструкциях современных тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин. Однако в определённых условиях эксплуатации традиционные антифрикционные материалы оказываются неэффективными, а изготовленные из них подшипники скольжения подвержены значительному износу. Например, в опорах граблин жаток для уборки трав кормоуборочных комбайнов износ посадочного отверстия под граблину достигает 2 мм на сторону [1]. Близкие значения износов имеют и многие другие неразъёмные подшипники скольжения различных узлов и агрегатов.

При восстановлении неразъёмных подшипников скольжения со значительным износом достаточно широко применяют постановку в них дополнительной ремонтной детали (ДРД) в виде втулки. При выборе материала для изготовления ДРД необходимо, чтобы он был недорогим и недефицитным и, вместе с тем, обеспечивал высокую износостойкость и долговечность восстановленных подшипников. В качестве такого материала перспективны алюминиевые сплавы, достоинство которых заключается ещё и в том, что для повышения износостойкости они могут быть упрочнены микродуговым оксидированием (МДО). МДО-покрытия имеют высокие твёрдость, износостойкость и адгезию, способны хорошо работать в среде, загрязнённой абразивом, обеспечивая при этом высокие эксплуатационные характеристики деталей [2, 3].

Вместе с тем, приработка соединения «деталь - неразъёмный подшипник скольжения, восстановленный ДРД с МДО-покрытием» сопровождается его значительным износом, что приводит к снижению долговечности соединения в эксплуатации. Это связано с тем, что при сборке соединения его детали из-за погрешностей формы и взаимного расположения, а также шероховатости поверхностей соприкасаются друг с другом лишь по выступам отдельных микронеровностей и площадь их фактического контакта при этом незначительна. Из-за высокой твёрдости МДО-покрытия, сформированного на поверхности восстановленного с помощью ДРД неразъёмного подшипника скольжения, и его неспособности к пластическому деформированию, в начальный период приработки в местах фактического контакта создаются высокие удельные нагрузки и температуры, приводящие к разрушению (обламыванию) выступов микронеровностей, которые дополнительно повреждают соприкасающиеся поверхности при их относительном перемещении, работая как абразив. Кроме этого, высокие удельные нагрузки, обусловленные малой площадью фактического контакта, приводят к схватыванию и задирам соприкасающихся поверхностей деталей. Всё перечисленное способствует,

как уже было отмечено выше, повышенному приработочному износу и низкой долговечности рассматриваемого соединения.

Для снижения приработочного износа и повышения долговечности соединения «деталь - неразъёмный подшипник скольжения, восстановленный ДРД с МДО-покрытием» мы предлагаем модифицировать упрочнённый МДО подшипник скольжения нанесением на его поверхность слоя антифрикционного материала на основе меди. При этом в начальный период приработки соединения антифрикционный материал легко пластически деформируется, в результате чего площадь фактического контакта соприкасающихся поверхностей и их несущая способность существенно возрастают, отсутствуют высокие удельные нагрузки, а шероховатость поверхностей максимально приближена к оптимальной, что способствует снижению приработочного износа и сокращению продолжительности приработки. Кроме этого, значительная площадь фактического контакта обеспечивает улучшение теплоотвода и снижение температуры в зоне трения, предотвращая, тем самым, схватывание и задиры соприкасающихся поверхностей деталей.

Проведённый анализ показал, что наиболее рационально модифицировать МДО-покрытия фрикционно-механическим способом. К его преимуществам можно отнести незначительные расходы материала и механической энергии, стабильное и высокое качество наносимого антифрикционного слоя, экологическую безопасность и высокую производительность технологии, а также незначительную себестоимость вне зависимости от партии обрабатываемых деталей [4].

При восстановлении неразъёмных подшипников скольжения, например, опор граблин жаток для уборки трав кормоуборочных комбайнов, первоначально производят предварительную подготовку опоры, которая заключается в расточке изношенного посадочного отверстия под граблину на токарно-винторезном станке в специальном приспособлении. ДРД в виде втулки, предназначенную для компенсации износа посадочного отверстия опоры, отливают из литейного алюминиевого сплава АК7ч или АК9ч в металлической форме-кокиле, подогретой до температуры 280...320°C. Затем осуществляют её механическую обработку, причём внутреннюю поверхность растачивают с припуском под МДО-покрытие.

Далее проводят упрочнение МДО внутренней поверхности втулки с использованием анодно-катодного режима в щелочном электролите. Режимы обработки: плотность тока - 25 А/дм², температура электролита - 15 °С, продолжительность оксидирования - 90 мин.

Втулку с МДО-покрытием устанавливают в предварительно расточенное и обезжиренное посадочное отверстие опоры, смазанное эпоксидной композицией, после чего опору в течение 2 ч выдерживают в сушильном шкафу при температуре 180...200 °С. Для придания требуемых размеров и геометрической формы опору с установленной втулкой обрабатывают на внутришлифовальном станке.

После шлифования МДО-покрытие, сформированное на внутренней поверхности установленной в опору втулки, подвергают модифицированию фрикционно-механическим способом. Для этого кольцевой инструмент, изготовленный из сплава на основе меди, закрепляют в оправке, позволяющей теплоизолировать его внутреннюю поверхность. Оправка, в свою очередь, размещена в направляющих, установленных на токарно-винторезном станке, и соединена с устройством, позволяющим ей совершать регулируемые по частоте и амплитуде возвратно-поступательные колебания. Перед модифицированием в опору, установленную в патроне токарно-винторезного станка, вводят закреплённый в оправке инструмент и между его наружной поверхностью и МДО-покрытием на внутренней поверхности установленной в опору втулки создают контактные давления 3...4 МПа. Затем инструмент и опору приводят во вращение во взаимно противоположных направлениях, при этом инструмент перемещают вдоль продольной оси опоры с подачей 1...5 мм/мин, сообщая ему при этом возвратно-поступательные колебания. За счёт того, что внутренняя поверхность инструмента конструктивно теплоизолирована, а наружная взаимодействует с МДО-покрытием, также являющимся теплоизолятором, в зоне их контакта выделяется значительное количество тепла, приводящее к локальному расплавлению материала инструмента, заполнению им поверхностных пор МДО-покрытия и формированию на поверхности подшипника скольжения сплошного ровного слоя антифрикционного материала толщиной 5...7 мкм.

Слой антифрикционного материала на основе меди, нанесённый на поверхность МДО-покрытия подшипника скольжения фрикционно-механическим способом, в начальный период приработки легко пластически деформируется, позволяя реализовать правило положительного градиента механических свойств по глубине контактной зоны. В результате коэффициент трения, интенсивность изнашивания и продолжительность приработки соединения «деталь - неразъёмный подшипник скольжения,

восстановленный ДРД с модифицированным МДО-покрытием» существенно снижаются, что приводит к значительному увеличению долговечности соединения (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика подшипников скольжения

Показатель	Подшипник скольжения с МДО-покрытием	
	без модифицирования	модифицированный
1. Коэффициент трения соединения	0,23	0,11
2. Интенсивность изнашивания соединения при приработке, (г/ч)х10 ⁻³	1200	640
3. Продолжительность приработки соединения, ч	4,5	3,0
4. Долговечность соединения, %	100	250

Как видно из таблицы 1, восстановление неразъёмных подшипников скольжения постановкой ДРД, упрочнённых МДО с последующим модифицированием, позволит в среднем в 2 раза снизить коэффициент трения, в 1,8 раза - интенсивность изнашивания и в 1,5 раза - продолжительность приработки соединения «деталь - неразъёмный подшипник скольжения, восстановленный ДРД с модифицированным МДО-покрытием», в результате чего долговечность соединения увеличится не менее, чем в 2,5 раза.

Литература

1. Купреев М.П. Восстановление опор граблин жаток/ М.П. Купреев, И.М. Мельниченко// Техника в сельском хозяйстве. - 1986.-№12. - С. 43.
2. Новиков А.Н. Восстановление и упрочнение деталей из алюминиевых сплавов микродуговым оксидированием: Учебное пособие/ А.Н. Новиков, А.Н. Батищев, Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко. - Орёл: ОрёлГАУ, 2001. -99 с.
3. Басинюк В.Л. Разработка технологии и применение многослойных комбинированных покрытий на основе оксидокерамики/ В.Л. Басинюк, М.А. Белоцерковский// Трение и износ. - 2003.-Т.24, №2. - С. 203-209.
4. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность). - М.: МСХА, 2001.- 616 с.

УДК 621.899

*Канд. техн. наук, доц. В. В. Чукулаева, асп. А. М. Нахалов
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел*

ПРОБЛЕМЫ СБОРА И УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

В России переработка отработанных масел ведется в недостаточных объемах, слабо организован сбор и транспортировка масел к предприятиям по их регенерации. Большая часть отработанных масел попросту сливается в почву, чем наносится колоссальный вред природе.

Достоверных статистических данных по объемам реализации моторных масел и объемах сбора отработанных нефтепродуктов в настоящее время практически не существует. Представление о масштабах проблемы этого вида отходов в каждом субъекте Федерации можно составить на основании количества зарегистрированных автомобилей, считая, что на каждую автотранспортную единицу в

среднем образуется 8-10 литров отработанных масел в год [1].

Если в середине 80-х гг. существовала хоть какая-то служба сбора, утилизации и регенерации моторных масел, то в настоящее время ситуация существенно изменилась. Практически прекращена переработка отработанных моторных масел на нефтеперерабатывающих предприятиях. Более половины отработанного моторного масла - это то масло, которое просто уходит в землю при самостоятельной смене масла где-нибудь на обочине или гараже, а автотранспортные предприятия предпочитают часть отработанного масла сливать «в канаву» вместо того, что бы платить за его утилизацию. По данным ФГУП НИИАТ от автотранспортных предприятий в водные объекты РФ в 2000 г. поступило 2,5 тыс. т нефтепродуктов [2].

Попадание нефтепродуктов в воду и почву совершенно недопустимо, так как приводит к долговременному загрязнению окружающей природной среды в связи с низкой скоростью биологического разложения этого вида отходов. Период биологического разложения нефтепродуктов существенно увеличивается с ростом их молекулярной массы и сложностью структуры и для таких компонентов отработанных моторных масел как присадки и продукты их разложения, остаточный компонент, смолы и другие высокомолекулярные продукты окисления масел период биологического разложения составляет десятилетия.

Накопление этих продуктов в почве нарушает биологические, физические и химические процессы, что приводит к разрушению структуры почвы и в конечном итоге к долговременному прекращению развития флоры и биологических видов на загрязненных участках.

По данным статистики, загрязнение от автотранспорта только отработанными нефтепродуктами составляет 9,8% от всех источников загрязнений гидросферы нефтью, что в 7,5 раза больше, чем при добыче нефти в открытом море. При попадании 1 мг нефтепродукта в водоемы образуется микронная пленка, достигающая размеров 1 кв. км, которая препятствует проникновению солнечных лучей в воду, что нарушает процесс фотосинтеза водных растений. Также нарушается газообмен между водной средой и атмосферой, что приводит к неизбежной гибели флоры и фауны. Наличие в воде 0,1 мг/л нефтепродуктов придает мясу рыб привкус нефти и специфический запах, не устранимые ни при каких технологических обработках [3].

В Орловской области разработана программа «Отходы», в которой определена политика в области обращения с отходами на ближайшие годы с применением системного подхода к проблеме, а именно подчинение и взаимодействие всех составных частей проблемы одной цели: «рациональное использование природных ресурсов и на этой основе стабилизация и оздоровление ОПС на территории области». Выделено три блока (направления) такого подхода: экологический, экономический, административный.

Действующие технологические регламенты ориентированы на нормирование производства какой-либо продукции. Нормы образования отходов при выполнении работ по техническому обслуживанию и ремонту, как правило, отсутствуют, либо представлены в материальных балансах, что в настоящее время довольно редко.

Одним из важнейших направлений снижения негативного воздействия автотранспортного комплекса является лицензирование деятельности по обращению с опасными отходами, предусмотренное в статье 9 Закона РФ «Об отходах производства и потребления».

Для создания эффективной системы вторичной переработки и утилизации отработанных масел необходимо:

1. Разработать законодательную, нормативно-правовую и экономическую базу, регламентирующую создание и функционирование системы управления отработанными моторными маслами автотранспортной деятельности, предусматривающую: распределение функций и ответственности между производителями, владельцами автотранспортными средствами, переработчиками масел и органами власти; создание экономических стимулов для привлечения инвестиций в сферу вторичной переработки и утилизации моторных масел.

2. Пересмотреть в сторону ужесточения нормативы на сбор и повторное использование моторных масел.

3. Совершенствовать технологии переработки отработанных моторных масел.

4. Создать информационные базы данных по технологиям переработки отработанных масел.

5. Переработать нормативно-методические документы, регламентирующие удельные расходы смазочных материалов при техническом обслуживании техники.

6. Разработать механизмы учета экологических показателей при оценке деятельности муниципальных предприятий автомобильного транспорта.

На основе выполненного анализа состояния вопроса по сбору и утилизации моторных масел разработана схема движения отработанных моторных масел, учитывающая специфику деятельности предприятий автотранспортного комплекса (рис. 1).

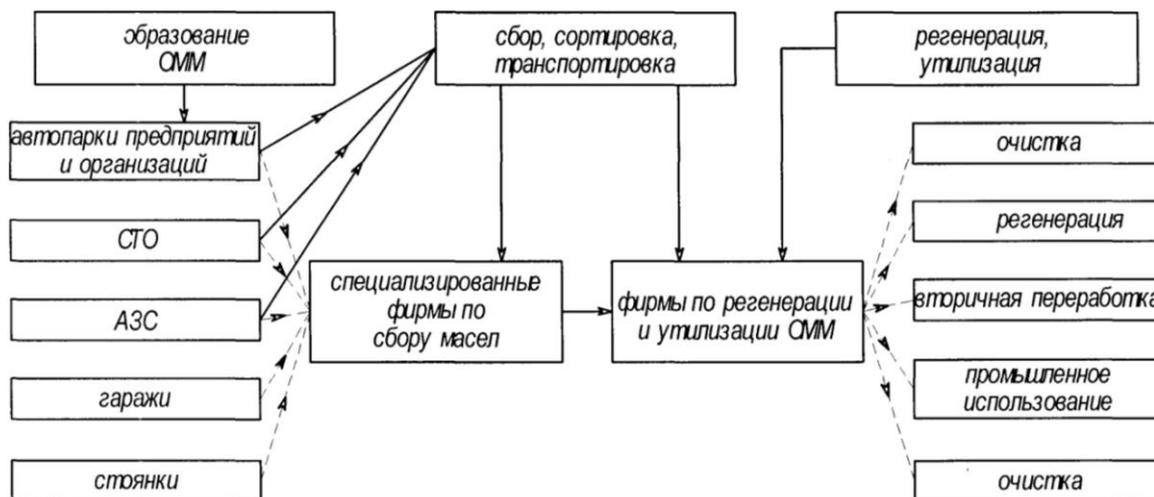


Рис. 1. Схема движения отработанных моторных масел

На первом этапе реализации этой схемы необходимо: выявить источники образования отработанных моторных масел; изучить номенклатуру образующихся моторных масел; изучить отчетные данные за ряд лет об объемах образования отходов либо материальный баланс предприятий; рассчитать количество (объемы) нормативного образования отходов; составить экологический паспорт на каждое предприятие.

Схема финансирования сбора и утилизации отработанных моторных масел (рис. 2) должна иметь свой фонд, способный финансировать проектные институты по разработке новых способов регенерации и утилизации отработанных моторных масел. Кроме того, система сбора и утилизации предусматривает наличие фирм, осуществляющих не только сбор масел, но и выполняющих функции по их регенерации и утилизации.

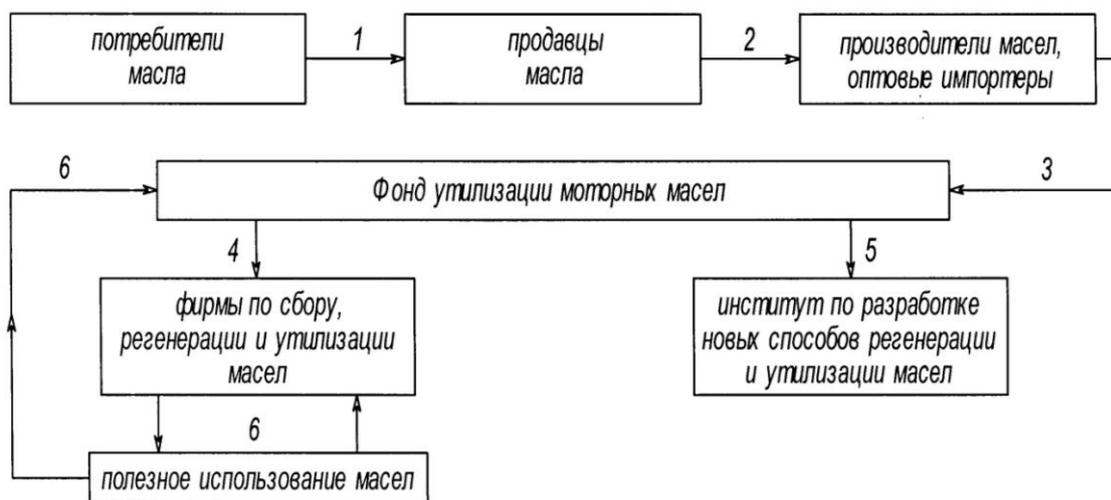


Рис. 2. Схема финансирования переработки отработанных масел: 1,2 – плата за утилизацию масла при его покупке; 3 – перевод денег в фонд для оплаты работ по регенерации и утилизации масел; 4 – оплата расходов по сбору, регенерации и утилизации масел; 5 – оплата расходов по разработке инвестиционных проектов; 6 – доходы и расходы от полученного использования

Комплекс таких мероприятий позволит эффективно использовать отработанные масла и за счет этого повысить экологичность не только самого предприятия, но и автотранспортного комплекса в целом.

Литература

1. Сарбаев В.И. Теоретические основы обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта: Монография. - М.: МГИУ, 2003. - 144с.
2. Воздействие транспортного комплекса Российской Федерации на состояние окружающей среды и здоровье населения. Аналитический доклад, издательство НПСТ "ТРАНСКОНСАЛТИНГ", М, 2002. - 68 с.
3. Парахин Ю.А. Проблемы очистки ливневых и производственных сточных вод от объектов АТК региона/ Ю.А. Парахин //Проблемы обеспечения экологической безопасности автотранспортного комплекса: Сб. научных статей /Под ред. А.Н. Новикова. - Орел, 2004. - 88с.

УДК 621.878.6

*Ст. препод. А. В. Паничкин
(Орловский государственный технический университет)
Россия г. Орел*

ОСОБЕННОСТИ ПОДВЕСКИ НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЫХЛИТЕЛЯ С РЕГУЛИРУЕМЫМ УГЛОМ РЫХЛЕНИЯ

Совершенствование рыхлительного оборудования на тракторах большой мощности является повышение его кинематической подвижности в вертикальной плоскости [1]. Тенденцию этого развития можно проследить по схеме на рис. 1. Наиболее простым является трехзвенное навесное устройство с одной степенью подвижности, зубья которого присоединены к трактору посредством тяговой рамы и гидроцилиндров подъема-опускания (рис. 1а).

В процессе подъема-опускания трехзвенного рыхлительного оборудования происходит поворот тяговой рамы с зубом относительно шарниров крепления к опорному кронштейну, что обуславливает изменение угла рыхления α в широких пределах, равных угловым перемещениям β ведущего звена тяговой рамы рыхлителя. На уровне опорной поверхности трактора угол рыхления приближается к 90° , а передняя грань стойки зуба имеет наклон в сторону трактора. В результате возрастает сопротивление внедрению в грунт, что в целом ухудшает заглубляемость рыхлителя и отрицательно влияет на тягово-сцепные качества трактора. Некоторое снижение угла рыхления в начале заглубления возможно путем уменьшения вылета стойки зуба относительно рамы или поворота верхнего звена в случае составной опорной рамы относительно шарнира соединения с нижним звеном посредством регулировочного устройства, например, гидроцилиндров или винтовых раскосов.

Большинство грунтов при установившемся режиме рыхления достаточно эффективно разрушается при угле рыхления $45...50^\circ$, поэтому широкое признание в настоящее время получили параллелограммные навесные устройства, обеспечивающие в отличие от трехзвенных при заглублении угол рыхления $\alpha = const$ при угловых перемещениях β (рис.1д). Звенья навесного устройства крепят, как правило, к корпусу заднего моста. Рыхлительное оборудование выполнено в виде параллелограммного механизма, одно из звеньев которого - стойка зуба с рабочей балкой. Для обеспечения наибольших напорных усилий гидроцилиндры в ряде случаев установлены диагонально штоками вниз.

В последние годы в бывшем СССР и за рубежом выпускают четырехзвенные навесные устройства, отличающиеся от параллелограммных тем, что противоположные звенья могут иметь различную длину. Угол рыхления зуба составляет 50° в момент заглабления и уменьшается до $25...40^\circ$ при рыхлении на максимальной глубине. Несколько увеличенный угол рыхления при внедрении рабочего органа в прочный грунт обуславливает более быстрое заглабление зуба рыхлителя и позволяет сократить время рабочего цикла.

Ограниченно применяют четырех- и многозвенные рыхлители с позиционным регулированием угла рыхления. В четырехзвенных рыхлителях фирмы "Фиат-Аллис" допускается установка пальца шарнира крепления верхней тяги в одно из отверстий, расположенных на опорной раме (рис. 1б). В результате разновеликих плечей механизма устройства обеспечивается изменение угла рыхления в начале заглабления от 44° до 61° в зависимости от свойств грунтов. Длину опорного звена можно уменьшать, переставляя палец в нижнее положение, и тем самым увеличить на 20% угол рыхления в момент заглабления и клиренс под зубом в транспортном положении.

Все шире применяют рыхлители с дистанционно регулируемым углом рыхления, позволяющие реализовать рациональные режимы разработки мерзлых и разборно-скальных грунтов с наиболее полным использованием тяговых возможностей базового трактора. Такие рыхлители оснащены рыхлительным оборудованием, регулировку угла рыхления которого (до 30°) осуществляют гидроцилиндрами двустороннего действия, установленными взамен верхней тяги (рис. 1з). Четырехзвенные механизмы таких рыхлителей относительно просто преобразовать, вводя дополнительные гидроцилиндры вместо верхней тяги.

Использование навесных устройств с дистанционно регулируемым углом рыхления облегчает автоматизацию операций управления для получения оптимальных параметров процесса рыхления. Основным недостатком механизма навески рыхлительного оборудования с верхним гидроцилиндром является ограниченный диапазон регулирования угла рыхления (до 30°).

Значительно больший диапазон регулирования угла рыхления (до 60°) реализуют при совмещении шарниров крепления тяговой рамы и гидроцилиндра изменения угла рыхления к опорной раме (рис. 1 л). Однако, данная схема не получила распространения, так как гидроцилиндры изменения угла рыхления, соединенные непосредственно с тяговой рамой, подвержены значительным динамическим перегрузкам. Шарниры крепления гидроцилиндров изменения угла рыхления могут быть установлены на опорном кронштейне (рыхлители фирмы "Гимак") или непосредственно на тяговой раме (рыхлители фирмы "Орендорф") («Orendorff». США).

Дальнейшее совершенствование направлено на усложнение конструкции и создание многозвенных механизмов рыхлительного оборудования, позволяющих регулировать угол рыхления в широких пределах с заданной траекторией заглабления зуба. Получают распространение многозвенные механизмы, выполненные путем присоединения модуля механизма регулирования угла рыхления к четырехзвенной навеске (рис. 1 в, е). Такую схему используют в ножевых кабелеукладчиках фирмы "АТЭКО", в рыхлителях фирмы "Комацу". При этом гидроцилиндры регулирования угла устанавливаются между шарниром в верхней части рабочей балки и двукратным шарниром соединения верхней (нижней) тяги с трехшарнирным звеном четырехзвенного механизма.

В ряде случаев параллелограммные навесные устройства предлагают монтировать на опорной раме посредством промежуточного звена (опорного коромысла), шарнирно смонтированного в двукратном шарнире в нижней части опорной рамы (рис. 1 и). Положение навесного устройства и угол рыхления регулируют гидроцилиндром между опорной рамой и коромыслом. Эти механизмы навески реализуют траектории заглабления зуба с постоянным углом рыхления, однако, ввиду сложности компоновки на базовом тракторе практической реализации, по-видимому, не получат.

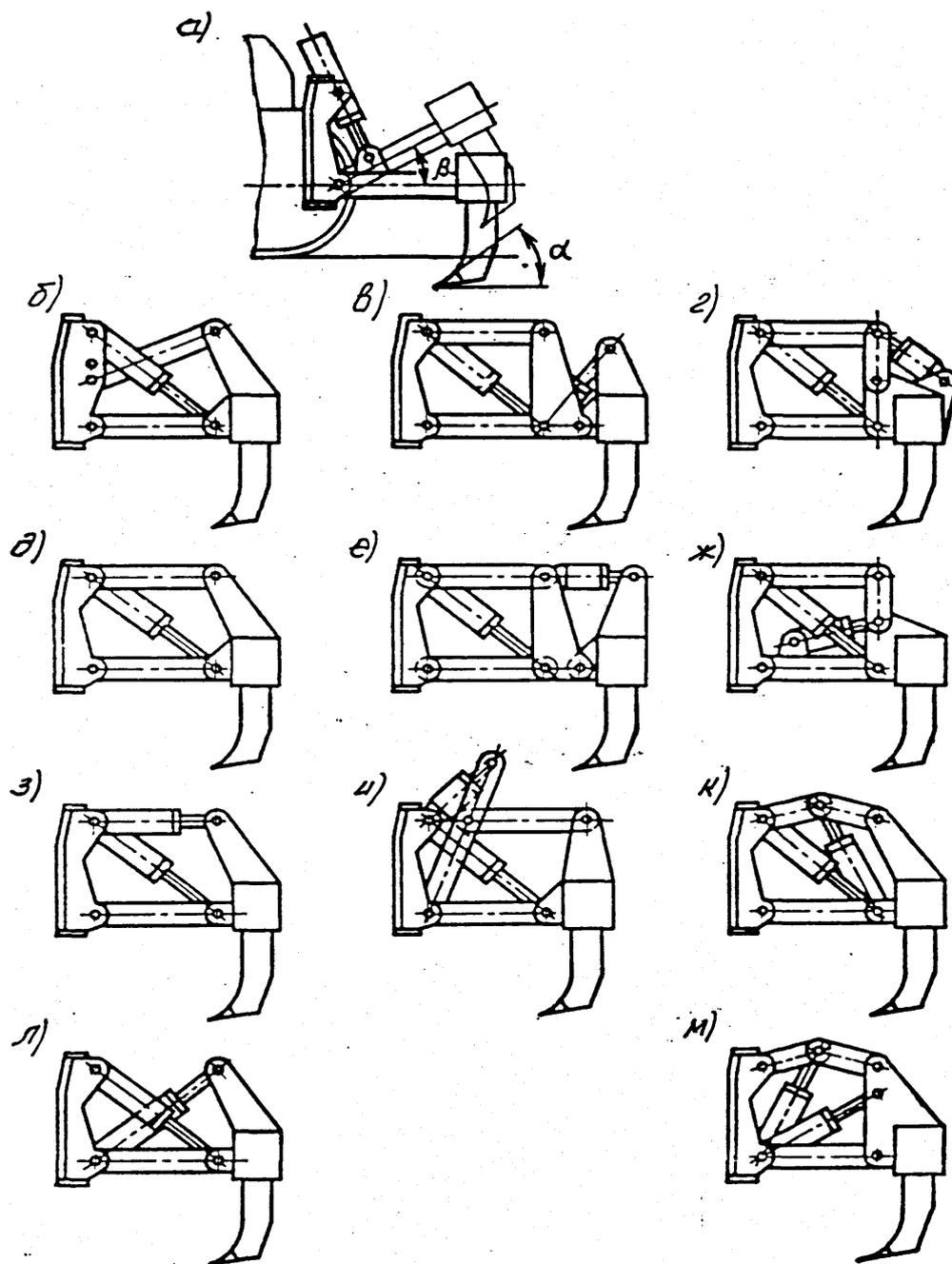


Рис 1. Навесные устройства рыхлителей с регулируемым углом рыхления: α -угол рыхления; β -угол поворота тяговой рамы (нижней тяги)

При необходимости дистанционного регулирования угла рыхления и более сложного закона его изменения по глубине применяют многозвенные механизмы навески с шарнирно сочлененными тягами (рис. 1 г, ж, к, м). В многозвенной конструкции фирмы "АТЭКО" длина верхней и нижней тяг неизменна при работе (см. рис. 1 г). Рабочая балка (ведущее звено механизма заглупления зуба) соединена с верхней тягой через дополнительную тягу и образует с остальными элементами навески шарнирный многозвенный механизм. Гидроцилиндр изменения угла расположен между шарниром сочленения тяг и шарниром в задней части рабочей балки. Угол рыхления регулируют поворотом рабочей балки и тяг. Аналогичный подход к регулированию угла рыхления реализован в конструкции другого многозвенного рыхлителя, гидроцилиндры изменения угла рыхления которого расположены между шарниром сочленения тяги с балкой и шарниром в нижней тяге (см. рис. 1, ж).

В конструкциях рассмотренных механизмов гидроцилиндры изменения угла рыхления расположены в непосредственной близости от рабочего органа и воспринимают значительные динамические сжимающие нагрузки в процессе рыхления, что в целом сказывается на их

работоспособности и долговечности. Еще одним существенным недостатком большинства рассмотренных конструкций, выполненных по приведенным схемам, является ограниченный диапазон регулирования угла рыхления.

Область эффективного использования рыхлителей существенно расширяется при реализации в конструкции регулирования угла рыхления в сочетании с заданной траекторией заглубления зуба. Последнее возможно получить, регулируя длины смежных звеньев механизма навесного устройства. Испытания в эксплуатационных условиях показали, что уменьшение угла рыхления обуславливает снижение энергоемкости на 26.5% при глубине рыхления 0.2 м и на 42.5% при глубине рыхления 0.4 м мерзлой супеси ($C = 55...70$). Таким образом, с увеличением максимальной глубины эффективность рыхлителя возрастает. Увеличение угла рыхления в указанных пределах ускоряет процесс заглубления в 3.1...3.6 раза. Установлено, что более быстрое заглубление облегчает работу в стесненных условиях, отработку откосов. На базе этих исследований создан рыхлитель ДП-33.

Рыхлитель с шарнирно сочлененной верхней тягой обеспечивает регулирование угла рыхления в широких пределах. Раздельное управление механизмами подъема-опускания зуба и изменения угла рыхления облегчает внедрение наконечника в грунт и выламывание твердых включений (валунов, балок, плитообразующих материалов и т.п.). Предложенный принцип механизма навески реализован в конструкции рыхлителя МП-40. Рыхлитель конструкции ВНИИСтройдормаш обеспечивает дистанционное регулирование угла рыхления от 87° в крайнем верхнем положении до 32° в крайнем нижнем положении. Результаты испытаний показали, что рыхлитель эффективен при разработке сезонно-промерзающих и вечно мерзлых грунтов температурой до минус $5...10^\circ\text{C}$ [2]. При увеличении угла рыхления на поверхности грунта значительно ускоряется заглубление зуба, облегчается разработка откосов, насыпей. При установившемся рыхлении уменьшение угла рыхления ведет к увеличению производительности и снижению энергоемкости процесса. Анализ многочисленных схем подвески навесного оборудования рыхлителя показывает эффективность конструктивных решений с регулируемым углом рыхления и подтверждает принципиальную возможность создания подвески навесного оборудования бульдозера с автоматическим регулированием угла резания в зависимости от параметров подвески и положения рабочего органа.

Литература

1. Ветров Ю.А., Баладинский В.Л. Машины для специальных земляных работ. Киев: Вища школа, 1990. 192 с.
 2. Бочаров В.С., Волков Д.П. Основы качества и надежности строительных машин. Орел: Машиностроение-1, 2003. 255 с.
-
-

УДК 621.794.61

Канд. техн. наук, доц. А. Л. Севостьянов
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ

Методика рентгеноструктурного анализа. Рентгеноструктурные исследования покрытий проводили на дифрактометре общего назначения ДРОН – 3М. Для определения фаз оксида алюминия было выбрано излучение меди $\text{Cu K}\alpha$ -излучение с длиной волны $\lambda=0,154178$ нм, Ni-фильтр. Углы сканирования составили $2\theta = 5...60^\circ$, что позволило охватить практически все дифракционные максимумы.

С каждого образца при увеличении угла сканирования снимались несколько рентгенодифракционных спектров (дифрактограмм). Каждая фаза имеет свою кристаллическую решетку и характеризуется набором межплоскостных расстояний. Поэтому, сняв дифрактограммы, получим ряд межплоскостных расстояний. Совпадение опытных значений со стандартными значениями межплоскостных расстояний и относительной интенсивности линий, позволяет однозначно идентифицировать присутствующую фазу в покрытии. Для идентификации фаз образовавшихся в покрытии при МДО, использовали и компьютерную базу данных ICDD^o 1997 JCPDS-International Centre for Diffraction Data.

Результаты эксперимента. Фазовый состав является важной характеристикой покрытий [1]. Дифрактограммы покрытия, полученные на сплаве АМг2, представлены на рисунке 1.

В ходе исследований было установлено, что независимо от режимов МДО, концентрации компонентов электролита, марки алюминиевого сплава, в покрытии присутствуют фазы α -, γ -, η -, σ - Al_2O_3 . Также в покрытии присутствуют интерметаллидные соединения CuMgAl_2 , CuMgAl_6 , $\text{Al}_3\text{CuMgSiFe}$. Параллельно образованию различных модификаций оксида алюминия происходит их гидратация с образованием гидратированных форм, таких как бемит γ - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, байерит β - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, гиббсит, диаспор, также $\text{Al}(\text{OH})_3$, следы, которых были обнаружены на дифрактограммах.

Исходя из динамических характеристик горения разряда, а также вольтамперных характеристик оксидирования, следует, что дуговой разряд не проходит весь слой насквозь. Распределение фаз в покрытии неравномерно. По данным фазового анализа, у подложки превалирует содержание α - Al_2O_3 и интерметаллидных соединений, ближе к поверхности находится фаза γ - Al_2O_3 . Набор межплоскостных расстояний упрочняющих фаз α - Al_2O_3 и γ - Al_2O_3 приведен в таблице 1.

Таблица 1

Набор межплоскостных расстояний α - Al_2O_3 и γ - Al_2O_3 .

α - Al_2O_3	d/n, °А	3.47	2.55	2.37	2.081	1.738	1.599	1.54	1.50	1.402	-
	I	0.05	0.75	0.30	1.00	0.50	1.00	0.05	0.05	0.40	-
	d/n, °А	1.370	1.233	1.186	1.144	1.122	1.095	1.080	1.040	0.995	-
	I°	0.50	0.20	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.05	-
γ - Al_2O_3	d/n, °А	2.87	2.73	2.595	2.455	2.43	2.28	1.99	1.54	1.40	1.39
	I	0.40	0.80	0.20	0.40	0.60	0.40	0.80	0.40	0.60	1.00

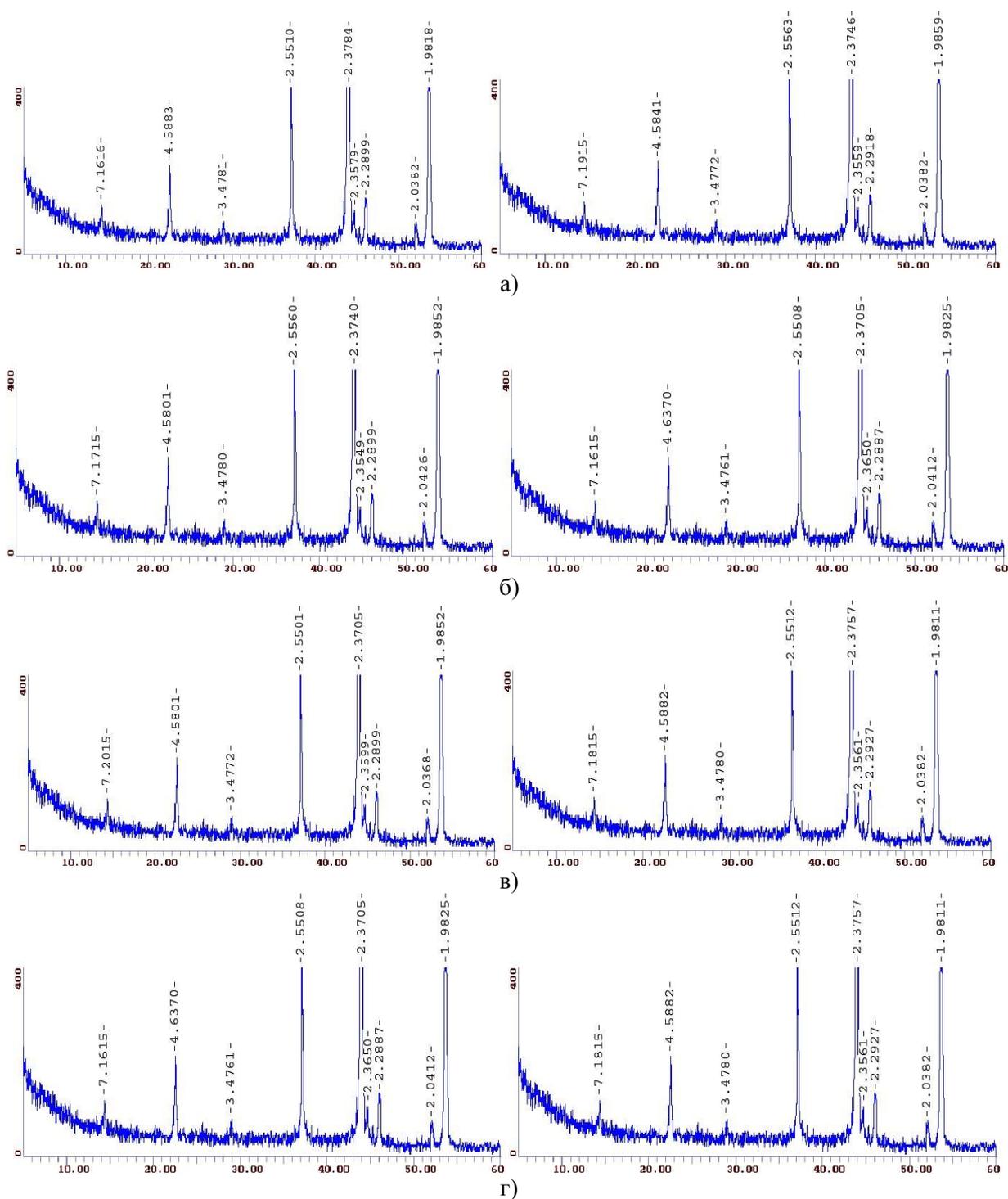


Рис. 1. Рентгендифракционные спектры, снятые с покрытия на сплаве АМг2.
 Режимы: СКОН = 5 г/л; СНЗВОЗ = 25 г/л; Продолжительность МДО; а) $t = 30$ мин;
 б) $t = 60$ мин; в) $t = 90$ мин; г) $t = 120$ мин.

Таким образом, покрытия, сформированные микродуговым оксидированием имеют сотовую структуру, состоящую из плотноупакованных гексагональных призм $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, в вершинах которых находятся ионы кислорода, ионы алюминия по отношению к ионам кислорода занимают октаэдрические позиции.

Литература

1. Севостьянов А.Л., Ферабков А.В. Выбор и оптимизация параметров технологического процесса упрочнения деталей микродуговым оксидированием. // Научные труды РГАЗУ (Агроинженерия) (Межвузовский). - М.: РГАЗУ, 2002 г.

УДК 621. 357. 74

*Канд. техн. наук, проф. М. П. Стратулат
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел*

О НЕКОТОРОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДЕФЕКТОВ СУБСТРУКТУРЫ И МИКРОТВЕРДОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ ОТ ВЕЛИЧИНЫ ПУЛЬСАЦИИ ВЫПРЯМЛЕННОГО ТОКА

В настоящее время известен перспективный способ высокопроизводительного хромирования с применением холодных электролитов. Однако пониженная (комнатная) температура электролита усугубляет эффект влияния формы тока на свойства хромовых покрытий, что не всегда учитывается [1]. Экспериментально полученные данные о свойствах хромовых покрытий и закономерностях их изменения могут быть рекомендованы производству только лишь с учетом особенностей применяемых форм выпрямленного тока.

Большинство физико-механических свойств металлов определяется дефектами структуры [2]. В связи с этим возникла необходимость проведения исследований по влиянию условий электролиза и пульсации тока на субмикроструктуру и микротвердость электролитических хромовых покрытий.

В качестве раствора для получения электролитического хрома был применен саморегулирующийся холодный электролит [1]. Рабочая температура электролита поддерживалась в пределах 20 ± 1 °С. В качестве источников постоянного тока применялись выпрямители, выполненные по схеме двухполупериодного выпрямителя каждой фазы:

- а) однофазный (ВСА – 6) с коэффициентом пульсации 0,66 (ток сильнопульсирующий);
- б) трехфазный (ВКАП – 1) с коэффициентом пульсации тока 0,055 (ток сглаженный).

Электроосаждение хрома производилось на плоские образцы. Рентгенограммы снимались на аппарате ДРОН – 1 в кобальтовом излучении. Величина блоков мозаики и микроискажения определялись по методу моментов второго порядка [3]. Плотность дислокации оценивали по формуле П. Б. Хирша [4]. Микротвердость измерялась на приборе ПМТ-3 при нагрузке на индентор 100 г.

В результате рентгенографического исследования электролитического хрома, полученного на выпрямленном токе с коэффициентом пульсации 0,66, было установлено, что с ростом катодной плотности тока размер блоков мозаики уменьшался, а микроискажения и плотность дислокации увеличивались (рис. 1)

Величина твердости является мерой сопротивления металла пластической деформации. Так как пластическая деформация обусловлена скольжением дислокации [2], твердость металла определяется степенью заблокированности дислокации, существующих в поликристалле до начала пластической деформации. Изменение микротвердости в зависимости от условий электролиза соответствует изменению плотности дислокации.

Изменение величины пульсации выпрямленного тока в сторону ее уменьшения существенно усложняет закономерность: на кривых, изображающих зависимости изменения параметров субмикроструктуры и микротвердости хромовых покрытий от катодной плотности тока при электролизе, появился экстремум значений в области катодных плотностей тока около 60 А/дм^2 (рис. 2).

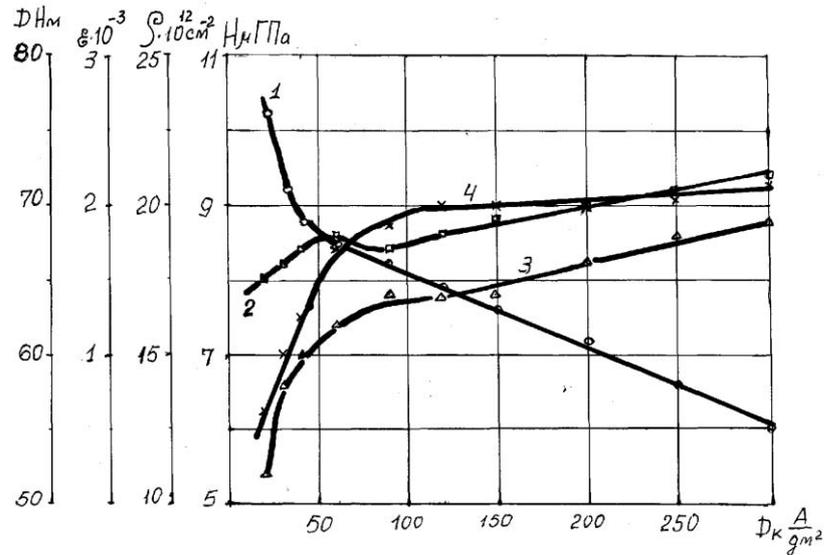


Рис. 1. Зависимость размеров блоков мозаики D (1), микроискажений ε (2), плотности дислокаций ρ (3) и микротвердости H_{μ} (4) электролитического хрома от плотности катодного тока D_k с коэффициентом пульсации $k=0,66$.

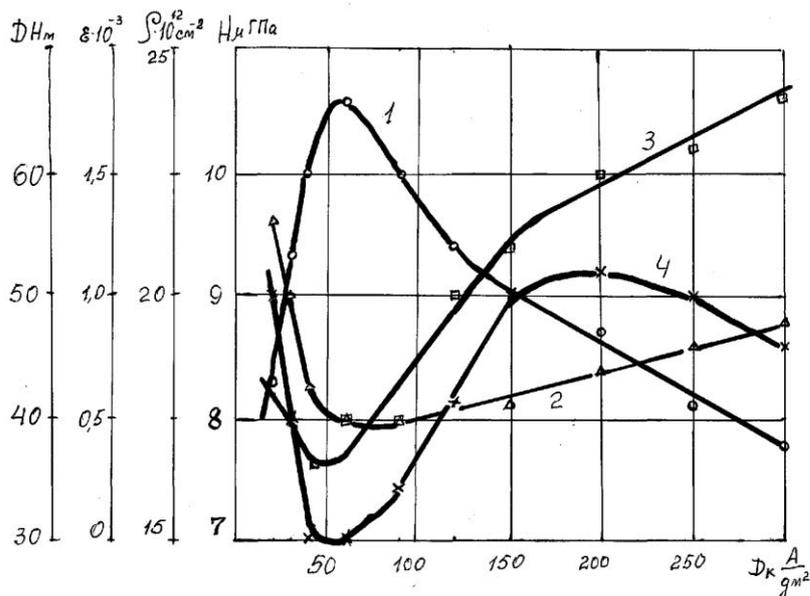


Рис. 2. Зависимость размеров блоков мозаики D (1), микроискажений ε (2), плотности дислокаций ρ (3) и микротвердости H_{μ} (4) электролитического хрома от плотности катодного тока D_k с коэффициентом пульсации $k=0,055$

Своеобразное изменение субструктуры и физико-механических свойств электролитического хрома, по всей вероятности, связано с разрядом на катоде ионов водорода, их участием в процессе электрокристаллизации, образованием фаз металлического хрома с различной поверхностной энергией и их взаимодействием. Такое предположение тем более вероятно, что ранее в нашей лаборатории обнаружена своеобразная зависимость содержания водорода в хромовых покрытиях от плотности катодного тока. Оказалось, что и здесь при плотности тока около 60 A/дм^2 покрытия либо наиболее насыщены водородом (коэффициент пульсации выпрямленного тока - $0,66$), либо содержат минимальное количество водорода (коэффициент пульсации - $0,055$).

Увеличение перенапряжения для водорода с ростом плотности тока должно способствовать укрупнению блоков мозаики. В то же время увеличение перенапряжения на катоде приводит к образованию большого числа центров кристаллизации, что в значительной степени способствует измельчению субмикроструктуры. Для коэффициента пульсации $0,66$ преобладающим фактором, по-видимому, является образование большого числа центров кристаллизации из-за увеличения перенапряжения. Таким образом, и область когерентного рассеивания

рентгеновских лучей уменьшается. В процессе перекрывания разрастающихся зародышей в них возникают микроискажения. Как и всякая деформация, микроискажения сопровождаются увеличением числа дислокаций, что и приводит к увеличению плотности дислокации. Изменение микротвердости соответствовало изменению плотности дислокации и микроискажений.

При коэффициенте пульсации 0,055 с увеличением плотности тока до 60 А/дм^2 размер блоков мозаики увеличивается, а затем уменьшается. Увеличение плотности тока приводило также к аномальным изменениям остальных параметров субмикроструктуры покрытия и его микротвердости: при плотности тока около 60 А/дм^2 отмечается минимальное значение микроискажений, плотности дислокаций и микротвердости.

Очевидно, что только изменением величины перенапряжения на катоде нельзя объяснить сложный характер изменения дисперсности субмикроструктуры и микротвердости электролитического хрома. Из кристаллохимической теории электрокристаллизации известно, что другой величиной, являющейся функцией условий электролиза и оказывающей влияние на вероятность зародышеобразования, а следовательно, на размер блоков мозаики, является поверхностная энергия кристаллического зародыша. Эта энергия может изменяться за счет адсорбированного свежесосажденным металлом атомарного водорода. Растворенный в хrome водород понижает поверхностную энергию тем сильнее, чем больше его содержание в единице объема металла.

С увеличением плотности тока до 60 А/дм^2 количество водорода в осадке уменьшается и, вероятно, растет величина поверхностной энергии кристаллов хрома, которая в этом интервале плотностей тока оказывает более существенное влияние на вероятность зародышеобразования в сторону ее снижения, чем перенапряжение на катоде. Поэтому, вероятно, при $D_k = 15 \text{ А/дм}^2$ величина блоков мозаики меньше, чем при $D_k = 60 \text{ А/дм}^2$.

При более высоких плотностях тока (выше 60 А/дм^2) количество растворенного в осадке водорода увеличивается, что, по-видимому, понижает поверхностную энергию. В этих условиях как рост перенапряжения, так и снижение поверхностной энергии в результате роста удельного количества растворенного в покрытии водорода, действуют в направлении измельчения субструктуры - величина блоков мозаики уменьшается.

С этой точки зрения получают удовлетворительное объяснение изменения элементов субструктуры электролитического хрома от катодной плотности тока с коэффициентом пульсации 0,66. В этом случае во всем интервале изменения плотности тока оба фактора, ответственные за дисперсность структуры хрома, оказывают влияние в одном направлении. Причем более интенсивно снижается поверхностная энергия в результате усиленного роста количества водорода в покрытии с увеличением плотности тока до 60 А/дм^2 и, как результат, более резкое диспергирование структуры в этом интервале плотностей тока.

Таким образом, результаты проведенных исследований дают веские основания предположить, что параметры субструктуры и микроискажения электролитического хрома, а, следовательно, и микротвердость как обобщенный параметр физико-механических свойств, в значительной степени коррелируют с величиной перенапряжения выделения водорода и величиной поверхностной энергии кристаллического зародыша, изменяемые величиной пульсации выпрямленного тока.

Литература

1. Петров Ю.Н. Аномалии процесса хромирования в холодных электролитах / Ю.Н. Петров, М.П. Стратулат, А.И. Ковбасюк // Труды КСХИ, том 75. – Кишинев, 1970.
2. Котрелл А.Х. Дислокации и пластическое течение в кристаллах. – М.: Металлургиздат, 1958.
3. Уманский Я.С. Рентгенография металлов и полупроводников.-М. «Металлургия»,1969.
4. Хирш П.Б. Успехи физики металлов. Выпуск 3. – М.: Металлургиздат, 1960.

УДК 629.3:665.753.4

*Канд. техн. наук, В. В. Чукулаева, асп. Р. Р. Садыков
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Постоянно увеличивающийся автомобильный парк оказывает все большее влияние на загрязнение окружающей среды. Автомобили мира ежегодно потребляют 2,1 млрд. т топлива и выбрасывают в атмосферу около 700 млн. т вредных веществ, в том числе 420 млн. т CO, 170 млн. т CH₄, 60 млн. т NO_x, 17 млн. т сажи и 0,6 млн. т свинца (в среднем 1,3 т выбросов на один средне-статический автомобиль в год). В результате доля автомобильного транспорта в общем загрязнении атмосферы в развитых странах достигла 45-50%. [1]

В России доля автомобильного транспорта в загрязнении окружающей среды достигла 40%, в том числе в городах 50-60%, в мегаполисах 85-90%. [1]

В атмосферу с отработавшими газами автомобилей выбрасывается более 200 различных веществ, большая часть которых токсична. Поэтому экологическое положение в мегаполисах и крупных городах как за рубежом, так и в России особенно неблагоприятно и требует к себе более бдительного внимания.

К тому же около 90% механической энергии вырабатывается двигателями внутреннего сгорания (ДВС), являющимися основными потребителями топлив нефтяного происхождения, геологические ресурсы которых весьма ограничены, даже в России. Поэтому Правительство России уже сейчас пытается заинтересовать руководителей нефтяных концернов в производстве альтернативного жидкого топлива. Используя известные на сегодняшний день разработки нефти, мы сможем протянуть лишь до 2040 года. Поэтому большую актуальность имеют научные исследования относительно поиска эффективных видов альтернативных топлив для ДВС.

Один из путей решения данной проблемы – производство и расширение использования на автомобильном транспорте альтернативных видов топлив, имеющих минимальную токсичность.

Из широкого ряда альтернативных топлив можно выделить так называемые “зеленые” чистые топлива для дизельных двигателей – основных виновников загрязнения городов.

За рубежом альтернативные экологически чистые топлива применяются достаточно широко.

Экологически чистое топливо BP Diesel Ecology позволяет на 90 % снизить содержание серы и на 30 % - твёрдых частиц в отработавших газах по сравнению с обычным дизельным топливом без ухудшения технических характеристик двигателей. Чёрных дымов выделяется также значительно меньше. По сведениям компании BP France содержание серы в этом топливе в 10 раз ниже действующих норм. В рамках всемирной программы “Чистые топлива для 40 городов” в 40 городах мира с очень интенсивным движением проявлена инициатива по созданию и использованию экологически чистого топлива. Среди выбранных в Европе агломератов - Лондон, Париж и провинция Иль-де-Франс. По данным компании BP France эти топлива уже выполняют нормы токсичности, которые будут введены в 2005 г. Топливо BP Diesel Ecology позволяет снизить содержание чёрных дымов от 30 до 50 %. Оборудование автобусов фильтром для улавливания твёрдых частиц позволяет сократить их содержание в отработанных газах на 90 и даже 100 % [2].

Топливо Total Fina Xeol отличается очень низким содержанием серы: в 7 раз меньше, чем предписывали нормы в 2000 г., к тому же не вызывает увеличения расхода топлива. Для снижения содержания твёрдых частиц на 90 % на транспортных средствах необходимо установить фильтр для их улавливания CRT (Continuously re Generating Trap). Фильтр CRT состоит из керамического фильтра и каталитического нейтрализатора отработавших газов. Частицы, задерживаемые на стенках фильтра, сжигаются двуокисью азота, образуемой в нейтрализаторе. Двуокись азота позволяет регенерацию при очень низкой температуре отработавших газов (275°) при практически любых условиях работы двигателя. Нейтрализатор также устраняет почти полностью окись углерода и несгоревшие углеводороды в отработавших газах двигателя. Содержание окиси азота, которая используется для устранения несгоревших углеводородов, легко снизить.

Топливо Elf Aquazole в виде водной эмульсии в дизельном топливе, стабилизируемой органическими поверхностными веществами. Водный раствор составляет примерно 13 % от объёма. По сравнению с обычным топливом Aquazole позволяет снизить на 15 - 30 % выбросы окиси азота в окружающую среду, 10 - 50 % твёрдых

частиц; на 30 - 80 % меньше выделяется чёрных дымов в зависимости от типа двигателя, его срока службы и условий эксплуатации [2].

Во Франции и за рубежом уже более 600 автобусов работают на топливе Aquazole.

В Париже уже больше двух лет примерно 300 автобусов в двух парках работают на топливе Aquazole. Первоначально решили добиться снижения токсичных выбросов более старых автобусов без значительных изменений конструкции двигателей. В этой ситуации топливо Aquazole оказалось наиболее эффективным. Чтобы компенсировать недостаток чистого топлива (Aquazole содержит больше воды, чем обычное дизельное топливо), увеличили подачу топливного насоса для более старых моделей автобусов, у которых мощность двигателей ниже по сравнению с современными. Это позволило снизить на 30 % окись азота, на 20 - 60 % чёрных дымов в отработавших газах [2].

Название “зелёное дизельное топливо” (diesel vert) Diester или биодизельное произошло от растительных масел, таких как рапсовое, подсолнечное и др.

Растительные масла - первый вид топлива, который в конце XIX в. был испытан в двигателях Р. Дизеля. С тех пор до начала 50-х годов XX века предпринимались попытки частичного или полного замещения дизельного топлива растительным маслом. Еще в 70-е годы в Европе исследователи стремились найти в качестве альтернативных источников энергии такие вещества, которые при сгорании выделяли бы в атмосферу меньше углекислого газа и вредных соединений. В результате были определены два пути применения растительных масел для дизельных двигателей. Один из них - получение биодизеля путем этерификации масел до кондиций дизельного топлива, а второй – использование их вместо горючего.

В 1999 г. было произведено 470 тыс. т топлива Diester. Смешивание в соотношении 30 % с дизельным топливом позволяет снизить на 20 - 30 % количество чёрных дымов, твёрдых частиц и ароматических соединений, в том числе бензола, CO₂. В настоящее время это топливо используют в многочисленных конгломератах, таких как Париж, Лион и Тулуза. В Гренобле, являющемся членом Клуба городов Diester, с 1992 г. работают 60 таких автобусов. Кроме того, Diester применяют в Германии, Италии и Японии [2].

Для снижения выделения канцерогенов в 1990 г. в Германии была разработана технология использования высокоэрукового масла для получения метилового спирта (метилловые эфиры растительных масел не загрязняют атмосферу) для дизельных двигателей. В 1991г. в Олмуде (Австрия) был построен первый в мире завод по производству экологически чистого топлива. По свидетельству журнала Eur Observer за 2002 г., за 10 лет производство биотоплива в мире выросло в 10 раз. Например, в Чешской Республике за последние 5 лет построены 22 завода, выпускающих биодизелин. В ряде стран Европы проведены несложные изменения в конструкции автомобильного двигателя, позволяющие использовать высокоэруковое масло в качестве горючего [2].

Комиссия Евросоюза 8 мая 2003 г. приняла Директиву 2003/30/ЕС “О содействии использованию биогорючего и других видов горючего на транспорте” [3].

Целями этой Директивы являются: предупреждение изменения климата, сохранение экологической безопасности природных ресурсов, вовлечение возобновляемых источников энергии за счет расширения использования биотоплива или других возобновляемых топлив для транспорта в каждом Государстве - члене ЕС.

Согласно директивы к биотопливам отнесены: биоэтанол, биоэтил-тетро-бутиловый эфир (био-ЕТВЕ), биометанол, биометил-тетро-бутиловый эфир (био-МТВЕ), биогаз, биодиметилловый эфир, синтетические биотоплива, биоводород, биодизель, чистое растительное масло. [3]

Биоэтанол – этанол, произведенный из биомассы и/или из биоразлагаемой фракции отходов и предназначенный для использования в качестве биотоплива.

Биоэтил-тетро-бутиловый эфир (био-ЕТВЕ) – топливо, основой которого служит биоэтанол (47% от общего объема).

Биометанол – метанол, произведенный из биомассы, и предназначенный для использования в качестве биотоплива.

Биометил-тетро-бутиловый эфир (био-МТВЕ) – топливо, произведенное на основе биометанола (36 % от общего объема).

Биогаз - топливный газ, произведенный из биомассы и/или из биоразлагаемой фракции отходов, и предназначенный для использования в качестве биотоплива или древесного газа. Биомасса и биоразлагаемая фракция отходов может быть очищена до качества природного газа.

Биодиметилловый эфир - диметилловый эфир, произведенный из биомассы, и предназначенный для использования в качестве биотоплива.

Синтетические биотоплива - синтетические углеводороды или смеси синтетических углеводородов, которые производятся из биомассы.

Биоводород - водород, произведенный из биомассы и/или из разлагаемой фракции отходов, и предназначенный для использования в качестве биотоплива.

Биодизель - метиловый эфир, произведенный из растительного или животного масла. Он обладает качеством дизельного топлива и предназначен для использования как биотопливо.

Чистое растительное масло - масло, произведенное из масличных растений путем отжима, экстрагирования или подобной процедуры, сырых или очищенных, но без химической модификации. Оно должно быть совместимо с типом адаптированных двигателей и соответствовать требованиям по эмиссии.

Директива ЕС предписывает всем странам - членам ЕС заменить на биотопливо к 2010 г. до 5,75 % объема применяемого дизельного топлива. Это значит, что потребление биодизеля составит 14 млн. т в 2010 г [3].

Для производства биотоплива в мире используется масло, получаемое из семян рапса, у которых содержание эруковой кислоты в масле составляет 25-30 %. В качестве биотоплива применяют рапсовое масло или его смесь с дизельным топливом (биодизель, биодизелин).

Биодизель с добавлением 20 % масла получил наибольшее распространение в Германии. Во Франции добавление рапсового масла составляет 5 %, в Литве доведено до 30 % [3]. В качестве добавок используют также подсолнечное и соевое масла. Рапсовое получило наибольшее распространение благодаря комплексу качеств: дешевизне, доступности, агротехнической проработанности. Высокое содержание мононенасыщенных жирных кислот (эруковая, олеиновая) способствует его повышенной устойчивости к окислению.

Лидером по производству безвредного для окружающей среды топлива в Евросоюзе является Германия. В 2003 г. 23 работающие здесь фирмы произвели около миллиона тонн семян рапса для биогорючего, то есть половину от общего объема производства рапса в ЕС. Остальное произведено во Франции, в Италии, Чехии, Дании, Австрии, Швеции и Великобритании [4].

Если в европейских странах в качестве сырья для биотоплива используют рапсовое масло, а в США и Бразилии — соевое масло.

Биодизель можно использовать в качестве топлива в чистом виде, но чаще его смешивают с обычным дизельным топливом. Например, в США применяют топливо BD20, которое представляет собой смесь, содержащую обычное дизельное топливо и 20 % биодизеля, вводимого для снижения выбросов CO, CO₂, ароматических углеводородов, SO₂ и твердых микрочастиц. Продукты выхлопа от такой смеси нетоксичны и способны к биодegradации. Такое топливо применяют для сельскохозяйственной техники, транспорта общего пользования, морских судов и транспорта в шахтах. Это топливо не требует существенных изменений конструкции двигателя.

Главное преимущество биодизеля состоит в том, что его получают из возобновляемых источников энергии. Его исключительное достоинство проявляется в уменьшении парникового эффекта при выбросе CO₂ в атмосферу. Поэтому политики поддерживают развитие производства биодизеля.

ЕС находится на переднем крае в области использования биодизеля. Для того чтобы избежать полного разорения недр Земли, всемирного топливного кризиса и улучшить экологическую обстановку, в 1997 г. в Киото (Япония) был принят протокол о сокращении использования ископаемых источников энергии – нефти и газа. Киотский протокол требует, чтобы страны ЕС снизили выбросы газа, создающие парниковый эффект, на 8 % относительно 1990 г. в период между 2008 и 2012 гг., поэтому ЕС переходит от экспериментов с биотопливом к внедрению его в практику. Первой производством биодизеля в коммерческих масштабах начала в 1991 Германия. В настоящее время производство биодизеля организовано также во Франции, в Австралии и Италии. В Германии и Австрии около 1700 заправочных станций продают биодизель. Многие автомобилестроительные компании Европы одобрили применение биодизеля для дизельных двигателей своих автомобилей, доля которых достигла 40 % среди всех проданных новых автомобилей. [4]

Введенные налоговые льготы (освобождение от налога на ископаемое топливо и экологического налога) сделали биодизель более доступным: биодизель в Германии стоит примерно на 10 евроцентов дешевле, чем дизельное топливо.

Во Франции дизельный транспорт превышает 60 %. Это привело к тому, что нефтеперерабатывающие заводы столкнулись с излишками бензина и дефицитом дизтоплива. Для решения этой проблемы дизельное топливо смешивают с биодизелем. Правительственная программа предусматривает производство более 300 000 т метилового эфира из растительного масла в год. [4]

Шведские производители рапса оценивают темп роста спроса на эту культуру в 2-3 % в год для производства от 70 до 100 тыс. т биодизеля [4].

В Чешской Республике по сравнению с 1989 г. посевные площади под рапс выросли более чем в 3 раза, работают 14 заводов по переработке рапса на биотопливо общей мощностью 200 тыс.т в год. В стране действует программа развития производства биотоплива, которая предусматривает меры по расширению производства и повышению урожайности рапса. [4]

Австралия разработала свой биодизельный план, согласно которому местным и зарубежным производителям биодизеля предоставлена субсидия и они освобождены от уплаты акциза на топливо.

В США топливо BD20 широко используют в 15 штатах, принявших законодательные акты, одобряющие биодизель. В ближайшем будущем планируется переход на топливо BD40 (содержащее 40 % биодизеля). Здесь принят закон о налоговых стимулах для производителей и потребителей биодизеля, который призван поддержать мировой рынок сои.

В Канаде несколько автобусных компаний проводят испытания автобусов на импортном биодизеле. Правительство страны поставило задачу по изменению климата Канады: довести производство биодизеля до 400 000 т к 2010 г. [4]

Бразилия планирует узаконить требование к дистрибьюторам добавлять 2 % биотоплива в дизельное топливо. В планах правительства довести долю биодизеля в топливе до 5 % к 2010 г., чтобы ограничить импорт дизельного топлива, который превышал миллиард долл. США в 2002 г. [4].

Власти Филиппин выпустили директиву, согласно которой все правительственные транспортные средства должны использовать топливо, в составе которого включен 1 % кокосового биодизеля.

В Латвии занято под рапсом, предназначенным для производства биотоплива, 60 тыс. га, а в будущем планируется засеивать до 200-250 тыс. га. ООО “Delta Riga” в Валмиерском районе производит экологически чистое топливо из масла рапса, а ООО “Jaunpagasts plus” в Иецаве - биоэтанол (он используется в качестве добавки к бензину). В 2005 г. в Латвии должны появиться два завода по изготовлению биодизеля, один из них недалеко от Елгавы планирует построить крупнейший кооператив по выращиванию рапса – “Latraps”. Он сможет перерабатывать около 200 тыс. т семян в год. Второе производство на территории Рижского свободного порта разместит ООО “Baltic BioDiesel” - партнер одного из ведущих европейских представителей отрасли Campra-BioDiesel GmbH. В 2006 г. ООО “Baltic Holding Company” наладит на территории Лиепайской свободной экономической зоны выпуск полуфабриката для изготовления топлива. Проект обойдется компании в 3,25 млн. евро. На начальном этапе мощность завода составит 4500 т масла в год, в 2007 г. планируется ее удвоить [5].

В литовском городе Мариямполье компания «Арви цукрус», выдающая за год 28 – 30 тысяч тонн сахара, решила взяться за выпуск одного из составляющих биотоплива – рапсового масла. Планируется, что предприятие вначале будет заниматься только производством рапсового сырья для биотоплива, а потом выпускать уже конечный продукт – горючее с биодобавкой.

Профессорско-преподавательским составом кафедры “Двигатели внутреннего сгорания” Харьковского государственного политехнического университета (НТУ “ХПИ”) на протяжении последних 10 лет проводятся исследования в направлении использования биотоплива на основе рапсового масла. С выходом в свет Закона Украины “Про альтернативные виды жидкого и газового топлива” (14 января 2000 г.), Постановления Кабинета Министров Украины “Про утверждение программы “Этанол” (от 4 июля 2000 г. №1044), а также договора Харьковской областной госадминистрации с НТУ “ХПИ” (май 2000 г.) в 2000 г. эти работы были резко интенсифицированы.

В НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета работают над созданием отечественного биотоплива для транспортных средств. В 1994 году учеными НИИ была получена одна из его основных составляющих - метиловый эфир из рапса. В 2000 г. в Витебской области на небольшой экспериментальной установке было произведено пять тонн биотоплива, испытанного на сельхозтехнике. К работе НИИ физико-химических проблем подключились Белорусский инновационный фонд НАН РБ, Госкомитет по науке и технологиям при Совмине РБ и другие организации. В результате была разработана государственная программа “Дизельное биотопливо”, которая впоследствии переросла в отдельный инновационный проект.

Плодотворным оказалось и сотрудничество с ОАО “Новоельнянский межрайагроснаб”, а также создание предприятия “Унихимпром БГУ” которое в настоящее время занимается реализацией проекта. Совместно с УП “Унихимпром БГУ” и ЗАО «Гроднобиопродукт» (г.Скидель, Гродненская обл.) проведены работы с целью организации производства экологически чистых видов топлива. Польско - германским инжиниринговым предприятием «Виедеманн Польшка» («Wiedemann Polska») изготовлено оборудование и на базе ОАО «Новоельнянский межрайагроснаб» (г.п. Новоельня, Гродненской обл.) впервые в Республике Беларусь смонтирована технологическая линия по выпуску дизельного биотоплива из рапсового масла, управляемая одним оператором с помощью компьютера. Планируется, что окончательный ввод линии в эксплуатацию произойдет в конце 2005 года. Предполагаемый объем производства - не менее 2000 тонн биотоплива в год. Альтернативное горючее должно полностью обеспечить два района Гродненской области.

Эксперименты, проведенные белорусскими учеными, показали, что полученные в ходе химической переработки рапсового масла эфиры могут успешно использоваться на существующих дизельных двигателях любых конструкций.

За рубежом из масла рапса путем этерификации получают метиловые эфиры жирных кислот рапсового масла (МЭРМ). Данные эфиры как в чистом, так и в смеси (в виде бинарных топлив) используют в качестве топлива дизельных двигателей. В табл. 1 приведены данные о количестве МЭРМ, производимых в Европе [6].

Производство МЭРМ в Европе (1999 г)

Страна	Производственная мощность, тыс. тонн в год
Австрия	30
Бельгия	400
Чехия	48
Дания	32
Франция	370
Германия	203
Италия	441
Всего:	1524

Анализируя данные, приведенные в таблице 1, необходимо отметить, что МЭРМ производится и используется в высокоразвитых странах, у которых нет особых проблем с нефтяным топливом.

Применение МЭРМ из производных рапсового масла: связано, в первую очередь, со значительным улучшением (снижением эмиссии вредных веществ в отработанных газах на 25-50%) экологической обстановки в регионах интенсивного использования дизелей (города, реки, леса, открытые разработки угля (руды), помещениях парников).

Малое количество серы в МЭРМ (0,02%) улучшает экологические характеристики ДВС, а кругооборот диоксида углерода CO₂ (выхлоп двигателя - потребление CO₂ растением) значительно уменьшает опасность парникового эффекта.[6]

В Европе МЭРМ используется по двум принципиальным схемам: “немецкой” и “французской”.

Суть “немецкой” схемы заключается в следующем. Кооператив фермеров, имеющий в своем распоряжении от 1000 до 10000 га пашни, приобретает установку по производству и этерификации рапсового масла. По расчетам специалистов для обработки 5000 га пашни требуется около 300т 100% МЭРМ, следовательно, кооперативу фермеров достаточно одной установки по производству биодизеля с производительностью 1 т/сутки. Если рассматривать производство биодизеля в условиях замкнутого цикла (кооператив фермеров), то себестоимость топлива будет очень малой. [6]

“Французская” схема предусматривает централизованное производство diestera на мощных установках (5-10 тыс. тонн в год). При получении 600 кг биодизеля с одного гектара требуется засеять 6 млн. га пашни [6].

Многочисленные исследования, в том числе таких компаний, как Mercedes Benz и Porsche, показывают, что использование биодизеля не снижает ресурса двигателя, расход топлива с добавлением биодизеля практически равен расходу традиционного дизельного топлива. На основании тестов компаний были детально разработаны Нормы стандартов для биодизеля. Результаты исследований показали, что биодизель более агрессивен к резиновым деталям автомобиля, чем обычное дизельное топливо. В связи с этим автопроизводители приступили к адаптации соответствующих частей к биодизельному топливу.

В России аналогичное топливо пока не производится и официально не используется. Рапс традиционно возделывается для получения пищевого растительного масла, но районированы и возделываются безруковые сорта, предназначенные для пищевого производства и для использования в качестве биотоплива. В то же время не востребованы высокоурожайные формы, которые имеют высокую урожайность и приспособляемость [7,8].

Безусловно, рапс как масличная культура очень перспективен для нашей страны. У рапса широкая гамма возможностей применения продуктов его переработки. Во-первых - рапсовое масло бутылкируют, используют в маргарине и кондитерских изделиях, лакокрасочной и химической промышленности. Из рапсового масла производят биотопливо. Во-вторых, рапс имеет серьезные агротехнические преимущества, так как занимает особое место в севообороте. Он отличный предшественник для зерновых; кроме того, улучшает структуру почвы.

К сожалению, сложившаяся в стране структура посевных площадей неудовлетворительна, хотя почвенно-климатические условия России позволяют возделывать рапс практически во всех регионах. По данным Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева необходимо расширить посевные площади рапса в центральном районе до 230 тыс га, Центрально-черноземном – до 180 тыс. га, Поволжском – до 240 тыс.га, Уральском – до 570 тыс. га, Западно-Сибирском – до 730 тыс.га. Общая площадь посевов рапса в перспективе должна быть увеличена до 5,5 млн. га [7].

Производимое в настоящее время количество маслянистых культур дает возможность работать маслоэкстракционным заводам в Краснодарском крае – 200 дней в году, в Ставропольском крае - 275, в Ростовской области – 410, в Воронежской области – 245, в Саратовской – 217, в Волгоградской – 385, в Белгородской- 90, в Орловской – 100, в Тамбовской – 515, в Самарской – 350, в Оренбургской – 230, в Алтайском крае – 125, в

Тверской области – 10, в Ивановской - 5, в Кабардино-Балкарской Республике – 70, в республике Татария – 200. Полную загрузку имеют заводы в Ростовской, Волгоградской и Тамбовской областях, а остальные работают в лучшем случае в пол-силы [8]. Эти данные свидетельствуют об отсутствии государственной научно-технической программы, направленной на производство и переработку маслянистых культур.

В России только сейчас при неуклонном росте цен на ГСМ стали задумываться об альтернативных видах топлива на основе возобновляемых источников.

На Алтае внедрением рапсового топлива занимаются несколько предприятий, в том числе ассоциация сельхозпереработчиков “Интер”. Ассоциация получает рапсовое масло путем холодного прессования и натуральной очистки. Технология переработки запатентована. Полученное масло без какой-либо предварительной подготовки можно заправлять в бак трактора или автомобиля с дизельным двигателем.

Помимо “Интера”, в данном направлении экспериментируют Бийский экстракционный завод, компания “Электротехника-Сибирь”, Павловский ремонтный завод и другие предприятия.

На Алтае создано предприятие ООО “Агропромышленное объединение “Рапс”, разработана долгосрочная программа развития производства рапса и его переработки.

Ученые кафедры двигателей внутреннего сгорания Алтайского государственного технического университета провели сравнительные испытания рапсового масла и дизельного топлива на двигателях “КамАЗа”, которые показали, что при номинальных оборотах мощность двигателя с биотопливом теряется всего на 8 процентов, причем при одинаковом расходе топлива.

В тамбовском агрохолдинге ОАО “Кристалл” и НИИ механизации завершены испытания топлива на основе рапсового масла, которое производит входящий в состав ОАО “Кристалл” Кирсановский комбинат растительных масел. Специалисты агрохолдинга совместно с учеными НИИ механизации разработали схему переоборудования дизельных двигателей, позволяющую заправлять технику дизельным топливом пополам с рапсовым маслом.

В Томской области специалисты ООО “Завод “Красная горка” провели презентацию трактора “Беларусь”, переоборудованного для работы на рапсовом масле. Для дизелей этих тракторов было изготовлено несколько типов специальных форсунок на Барнаульском заводе топливной аппаратуры. Для производства альтернативного топлива компания засеяла рапсом 10 тыс. га, что позволит произвести 4-5 тыс.т рапсового масла, которое может стоить примерно в два раза дешевле дизельного топлива.

Кабардино-Балкарской сельскохозяйственной академией с 1995 года проводились испытания по использованию рапсового масла на экспериментальных установках двигателей Д-240 и ГАЗ-52. Для двигателя Д-240, согласно опытным данным, рекомендуется следующий состав топлива: 75 % рапсового масла и 25 % минерального дизеля. [4]

На основании научных исследований установлено, что перспективным альтернативным топливом ДВС является топливо, которое получают путем смешивания жидких углеводородных топлив и производных рапсового масла (РМ) - метиловых эфиров РМ (МЭРМ). [9]

Для получения МЭРМ используют РМ, которое прошло две стадии очистки: рафинацию и отбелку. Затем путем прямой переэтерификации глицеридов рапсового масла с метиловым спиртом при температуре 80...90 °С в присутствии едкого калия получают смесь метиловых эфиров жидких кислот РМ. [4]

В таблицах 2 и 3 приведены физико-химические показатели РМ, МЭРМ, ДТ и их смесей в интервале температур 20...70°С. Данные при температурах 50...70°С необходимы для расчетов процессов испарения и смесеобразования. Именно до этих температур нагревается топливо при его сжатии в нагнетательной секции топливного насоса. [9]

Таблица 2

Физико-химические показатели топлив

Показатель	Значение показателя	
	Дизельное топливо	МЭРМ
Плотность, кг/м ³ при 20 ⁰ С	826	877
Кинематическая вязкость, мм ² /с при 20 ⁰ С	3,83	8,0
Поверхностное натяжение, Н/м при 20 ⁰ С	27,1x10 ⁻³	30,7x10 ⁻³
Цетановое число, не менее	45	48
Температура воспламенения, °С, не менее	60	56
Температура застывания, °С, не более	-10	-8
Коксуемость 10% остатка, %, не более	0,5	0,3
Испытания на медную пластину	выдерживает	не выдерживает
Кислотное число, мг КОН/г	0,06	0,5

Содержание серы, %, не более	0,2	0,02
Содержание золы, %, не более	0,02	0,02
Содержание воды, %	отсутствует	отсутствует
Суммарное содержание глицерина, %, не более	-	0,3
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	42,5	37,1

Эксперименты, проведенные учеными Харьковского государственного политехнического университета, показали, что повышенная вязкость биотоплива приводит к увеличению дальности топливного факела. В связи с этим уменьшается доля объемного смесеобразования, большая часть топлива попадает на стенки камеры сгорания. Кроме того, уменьшается угол рассеяния топливного факела, увеличивается средний диаметр капель. Повышение на 14 % поверхностного натяжения МЭРМ по отношению к ДТ является причиной увеличения неоднородности распыливания топлива. Повышенная на 6% плотность МЭ по отношению к ДТ требует более высокого давления перед форсункой, изменится в сторону увеличения действительный момент начала впрыскивания топлива.

Таким образом, биотопливо на основе рапсового масла представляет собой смесь метиловых эфиров высших жирных кислот (более 90% составляют эфиры олеиновой, линолевой и пальмитиновой кислот) в виде вязкой жидкости светло-желтого цвета, легко растворимой в неполярных и хлорированных органических растворителях, мало растворимой в воде.

Таблица 3

Физико-химические показатели топлив при различной температуре

Состав топлива	Плотность, кг/м ³			Кинематическая вязкость, мм ² /с			Динамическая вязкость, Па·с			Поверхностное натяжение, 10 ⁻³ Н/м	
	20 ⁰ С	50 ⁰ С	70 ⁰ С	20 ⁰ С	50 ⁰ С	70 ⁰ С	20 ⁰ С	50 ⁰ С	70 ⁰ С	20 ⁰ С	50 ⁰ С
Рапсовое масло	913	891	878	-	-	17,4	-	-	15,3	33,2	31,8
МЭРМ	877	856	842	8,0	4,25	3,1	7,02	3,64	2,61	30,7	29,2
ДТ	826	805	791	3,83	2,11	1,67	3,16	1,7	1,32	2,71	25,3
30% МЭ + 70% ДТ	841	821	806	4,87	2,67	2,1	4,1	2,19	1,69	27,8	26,0
50% МЭ + 50% ДТ	851	830	816	5,62	2,97	2,38	4,78	2,46	1,94	28,6	26,9
75% МЭ + 25% ДТ	864	843	829	6,93	3,68	2,74	5,99	3,1	2,27	29,5	27,8

Биотопливо имеет следующие преимущества:

- Полученный из семян рапса эфир отличается хорошей воспламеняемостью, обеспечиваемой высоким цетановым числом. Если для минерального дизтоплива характерен показатель в 50-52%, то метиловый эфир уже изначально содержит 56-58 % цетана. Это позволяет использовать его в дизельных двигателях без дополнительных стимулирующих веществ.

- Биодизель имеет более высокую температуру вспышки, чем дизельное топливо. Поэтому двигатели, работающие на биодизеле обладают меньшей вероятностью взрыва.

- Биодизель - топливо растительного происхождения, поэтому не имеет бензолового запаха.

- Биотопливо изготавливается из масел, сырьем для которых служат растения, улучшающие структурный и химический состав почв в системах севооборота, то есть имеет возобновляемые ресурсы и позволяет использование неугодий при выращивании.

- Неразбавленное топливо (100%-ный эфир) свободно разлагается в природных условиях, нетоксично и практически не содержит серы и ароматических соединений. Наличие в топливе кислорода (в составе эфиров) обеспечивает более полное сгорание и снижает выделение окиси углерода, не сгоревших углеводородов, твердых частиц и окислов азота, а также непрозрачность выхлопа.

- Топливо биологически безвредно: при попадании в воду не причиняет вреда ни растениям, ни животным. Оно подвергается практически полному биологическому распаду: в почве или в воде микроорганизмы за 28 дней перерабатывают 99 % биодизеля, что позволяет говорить о минимизации загрязнения рек и озер.

• При сгорании биодизеля выделяется ровно такое же количество углекислого газа, которое было потреблено из атмосферы растением, являющимся исходным сырьем для производства масла, за весь период его жизни. Это топливо дает меньшее количество выбросов углекислого газа в атмосферу, но на нет их не сводит.

• При переработке семян рапса, кроме метилового эфира, образуются побочные продукты - глицерин, широко применяемый в фармацевтической и лакокрасочной промышленности, и жмых, используемый для приготовления кормов скоту.

• Условия транспортирования и хранения биодизеля такие же, как для дизельного топлива.

• Существующие автозаправочные станции без каких-либо технических изменений приспособлены к работе с биодизельным топливом.

• Биотопливо на основе рапсового масла имеет самую низкую стоимость из всех альтернативных видов топлива.

К недостаткам биотоплива можно отнести: топливо хуже по своему качеству; увеличивается расход топлива; необходимость изменения конструкции двигателя; ускоряются коррозия металла и старение резины; необходима более частая замена масла в двигателе.

Анализ состояния вопроса позволяет сделать следующие выводы:

- целесообразно применение биотоплива на основе рапсового масла для дизельных двигателей;

- в настоящее время окончательно не определено оптимальное содержание метиловых эфиров в дизельном топливе;

- не установлены закономерности влияния процентного содержания рапсового масла в дизельном топливе на рабочие показатели двигателя;

- не исследовано влияние биотоплива на износ узлов и деталей механизмов двигателя;

- не выявлены вид и характер износа узлов и деталей двигателя;

- не изучены процессы впрыскивания и распыливания биотоплива;

- нет теоретического научного обоснования для изменения конструктивных параметров двигателя;

- не определен ресурс и не сформирована система технического обслуживания, ремонта и диагностирования двигателей, работающих на биотопливе;

- не разработана методология обеспечения определенных показателей безотказности, экономичности и долговечности двигателей при их эксплуатации на биотопливе.

Повышение цен на нефть, несмотря на достаточно богатые запасы нефтяных углеводородов в РФ, и экологические проблемы, говорят о том, что переход на возобновляемые источники энергии неизбежен, и биодизельное топливо в будущем станет популярным. Сложности освоения производства биодизеля могут быть оправданы высоким экспортным потенциалом этого вида топлива и гарантированным спросом на рынках ЕС, так как сегодня большинство европейских стран не в состоянии полностью удовлетворить собственную потребность в биотопливе и готовы импортировать его по цене, значительно превышающей традиционный дизель.

Для успешного производства и внедрения биодизельного топлива в России необходима Государственная программа (инновационный проект), включающая селекцию сортов и производство семян рапса, получение и переработку его в биодизель, проведение исследований в направлении использования этого вида топлива, а также разработку конструкций дизельных двигателей, приспособленных к потреблению биотоплива.

Литература

1. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / под ред. Е.С Кузнецова, -М.: Наука, 2001.- с.535.
2. Marchenko A.P. ALTERNATIVE BIOFUEL FROM RAPE OIL DERIVATIVES / Marchenko A.P., V.G. Semenov // Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2001.- No. 3.- Vol. 37.
3. Директива 2003/30/ЕС “О содействии использованию биогорючего и других видов горючего на транспорте”.
4. Гаврилова В.А. Перспективы и реальность использования масел / Гаврилова В.А., Дубовская А.Г., Конькова Н.Г., Низова Г.К. // Масложировая промышленность.- 2005.- № 4.- с. 28 -34.
5. Спилов В. Биодизелин завоевывает Балтию /Эксперт.- 2004.- № 38 (195).
6. Давыдова Е.М. Развитие топливного рынка ЕС. Биодизельное топливо – возобновляемый энергетический ресурс / Давыдова Е.М., Marten В., Пасхин Н.Н.// Масложировая промышленность.- 2005.- № 4.- с. 21-28.
7. Артемов И.В. Рапсовый рынок России. Качество сортов, качество семян, качество сырья для перерабатывающей промышленности /Артемов И.В., Карпачев В.В. // Материалы семинара “Рынок масличных культур в России – сегодня и завтра”, 14-15 марта 2000 г.; г. Краснодар.- М.: изд-во “ЭкоНива”, 2000. – с. 34-39.

8. Катков В.А. Проблема растительного масла в России /Материалы семинара “Рынок масличных культур в России – сегодня и завтра”, 14-15 марта 2000 г.; г. Краснодар.- М.: изд-во “ЭкоНива”, 2000. – с. 53-59.

9. Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакового масла /Марченко А.П., Семенов В.Г., Семенова Д.У., Лінков О.Ю. // Машиностроение: Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Сборник научных трудов. Выпуск 101. – Харьков: ХГПУ. – 2000. – с.159-163.

10. Семенов В.Г. Определение теплоты сгорания биотоплив растительного происхождения./ Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. – Труды 4-й Международной научно-технической конференции, 23-24 октября 2001 г. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2001 г., с. 250-253

Ответственные за выпуск:

Колчунов В.И., Никулин А.И., Бакаева Н.В.

Известия ОрелГТУ.

Серия «Строительство. Транспорт».– 2005.– № 3-4.– с.

Лицензия ИД № 00670 от 05.01.2000 г.

Подписано в печать . .200 г.

Формат 69×90/8. Бумага офсетная.

Печать ризография. Гарнитура «Таймс».

Уч. изд. л. . Тираж экз.

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ОрелГТУ
302030, г. Орел, ул. Московская, 65