

```

qr_stego :=
  QR ← Ω_Stego0
  for b ∈ 1..X + N - 1
    QR ← stack(QR, Ω_Stegob)
  QR_r ← 0
  for b ∈ (X + N)..N_total - 1
    QR_r ← Ω_Stegob if QR_r = 0
    QR_r ← stack(QR_r, Ω_Stegob) otherwise
    QR ← augment(QR, QR_r) if mod(b + 1, X/N) = 0
    QR_r ← 0 if mod(b + 1, X/N) ≠ 0
  QR ← (QR + |min(QR)|) · 255 / max(QR + |min(QR)|)
  
```

Рисунок 6 – Восстановление матрицы

Сохраняем в файл с названием «stego.bmp»:

```
WRITEBMP("stego.bmp") := qr_stego
```



Рисунок 7 – QR-код со стего

Попробуем считать QR-код с помощью приложения на смартфоне:

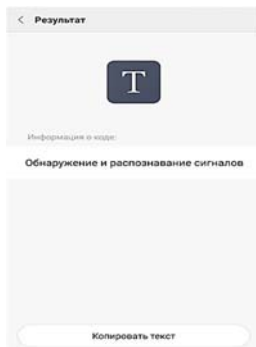


Рисунок 8 – Сообщение

Как мы видим, стегосообщение никак не повлияло на содержание записанного в QR-код сообщения и успешно скрыто.

Восстановим стего: разбиваем матрицу на блоки размерности N:

$Blocks2 := fragmentation(qr\_stego)$

Применяем прямое ДКП и определяем ключ:

$Ω2 := Right\_DCT(Blocks2)$

$$B2D(x) := \sum_{i=0}^{N-1} (x_i \cdot 2^i)$$

Восстанавливаем стего:

```

stego :=
  j ← 0
  for k ∈ 0..strlen(Message) - 1
    for i ∈ 0..N - 1
      Ωr ← Ω2i
      ω1 ← |Ωr(v1, v1)|
      ω2 ← |Ωr(v2, v2)|
      mi ← 0 if ω1 > ω2
      mi ← 1 if ω1 < ω2
      j ← j + 1
    stegok ← B2D(m)
  m ← 0
  stego
  
```

Рисунок 9 – Стего восстановление

Как мы видим, стегосообщение удачно восстановлено.

В данной статье были изучены возможности применения стегозаписи в контейнер в виде QR-кода для хранения ключей, либо персональных данных и написана программа, реализующая занесение текстового стего в QR-код.

В ходе экспериментов стегосообщение было успешно скрыто от расшифровки сканером QR-кода и успешно восстановлено по ключу.

### Литература

1. Ковалёв А.И. QR-коды, их свойства и применение // Молодой ученый. – 2016. – № 10. – С. 56–59. – URL <https://moluch.ru/archive/114/29398/> (дата обращения: 20.09.2018).
2. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. Москва, СОЛОН-Пресс, 2002, 272 с.

УДК 539.3

## ИЗГИБ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЙ КРУГОВОЙ ТРЁХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ НА СЛОЖНОМ ОСНОВАНИИ

Козел А.Г.

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

В настоящее время использование трёхслойных конструкций в машино- и приборостроении повлекло за собой интенсивную разработку теорий и методов их расчёта. Деформирование круговых трёхслойных пластин в настоящее время

изучено, в основном, при опирании на однопараметрическое основание Винклера.

Модель упругого основания с использованием двух коэффициентов постели, учитывающая его сжимаемость и связность, была впервые ис-



$$\sigma_{r\varphi}^{(3)} = 2G_3 \vartheta_{r\varphi}^{(3)}, \quad \sigma_{r\omega}^{(3)} = 2G_3 \omega_3 \vartheta_{r\omega}^{(3)}.$$

Обобщённые внутренние усилия, с учётом замены напряжения  $\sigma_{\alpha}^{(k)}$  соответственно на  $\sigma_{\alpha e}^{(k)}$ ,  $\sigma_{\alpha\omega}^{(k)}$ , будут следующими:

$$\begin{aligned} T_{\alpha} &= T_{\alpha e} - T_{\alpha\omega} = \sum_{k=1}^3 T_{\alpha e}^{(k)} - \sum_{k=1}^3 T_{\alpha\omega}^{(k)}, \\ M_{\alpha} &= M_{\alpha e} - M_{\alpha\omega} = \sum_{k=1}^3 M_{\alpha e}^{(k)} - \sum_{k=1}^3 M_{\alpha\omega}^{(k)}, \\ H_{\alpha e} &= M_{\alpha e}^{(3)} + c(T_{\alpha e}^{(1)} - T_{\alpha e}^{(2)}), \\ H_{\alpha\omega} &= M_{\alpha\omega}^{(3)} + c(T_{\alpha\omega}^{(1)} - T_{\alpha\omega}^{(2)}). \end{aligned}$$

Система дифференциальных уравнений равновесия в усилиях, описывающая деформирование круговой упругой трехслойной пластины на упругом основании была получена с помощью принципа Лагранжа в [2]. Поэтому ее можно применить и здесь как исходную:

$$\begin{aligned} T_{r,r} + \frac{1}{r}(T_r - T_{\varphi}) &= 0, \quad H_{r,r} + \frac{1}{r}(H_r - H_{\varphi}) = 0, \\ M_{r,rr} + \frac{1}{r}(2M_{r,r} - M_{\varphi,r}) &= -(q_0 - q_R). \end{aligned}$$

Выделяя в обобщенных внутренних усилиях линейные и нелинейные составляющие, получим их в виде:

$$\begin{aligned} T_{r,r} + \frac{1}{r}(T_r - T_{\varphi}) &= p_{\omega}, \quad H_{r,r} + \frac{1}{r}(H_r - H_{\varphi}) = h_{\omega}, \\ M_{r,rr} + \frac{1}{r}(2M_{r,r} - M_{\varphi,r}) &= -q_0 + q_R + q_{\omega}. \end{aligned}$$

Здесь в левой части уравнений собраны линейные составляющие обобщенных внутренних усилий, причем нижний индекс «e» в дальнейшем опущен для удобства. Нелинейные добавки сосредоточены справа и включены в слагаемое с нижним индексом « $\omega$ »:

$$\begin{aligned} p_{\omega} &= T_{r\omega,r} + \frac{1}{r}(T_{r\omega} - T_{\varphi\omega}), \\ h_{\omega} &= H_{r\omega,r} + \frac{1}{r}(H_{r\omega} - H_{\varphi\omega}), \\ q_{\omega} &= M_{r\omega,rr} + \frac{1}{r}(2M_{r\omega,r} - M_{\varphi\omega,r}). \end{aligned}$$

Граничные условия в усилиях замыкают постановку задачи теории малых упругопластических деформаций:

УДК 544.64:544.032.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ НИТРИДНЫХ КЕРАМИК

Козловский А.Л., Гладких Т.М., Здоровец М.В.

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Нитрид алюминия (AlN) является керамическим материалом, который обладает чрезвычайно интересным сочетанием высокой теплопроводности и отличных изоляционных свойств, благодаря которым обусловлено широкое применение AlN в

$$\begin{aligned} T_r &= T_r^1 + T_{\omega}, \quad H_r = H_r^1 + H_{\omega}, \quad M_r = M_r^1 + M_{\omega}, \\ M_{r,r} + \frac{1}{r}(M_r - M_{\varphi}) &= Q^1 + M_{r\omega,r} + \frac{1}{r}(M_{r\omega} - M_{\varphi\omega}). \end{aligned}$$

Линейные (упругие) составляющие обобщенных внутренних усилий по-прежнему выражаются через перемещения по формулам приведенным в [2], поэтому система дифференциальных уравнений равновесия будет иметь вид:

$$\begin{aligned} L_2(a_1 u + a_2 \psi - a_3 w, r) &= p_{\omega}, \\ L_2(a_2 u + a_4 \psi - a_5 w, r) &= h_{\omega}, \end{aligned}$$

$$L_3(a_3 u + a_5 \psi - a_6 w, r) - \kappa_0 w + t_f \Delta w = -q_0 + q_{\omega}.$$

$a_i$  – коэффициенты, учитывающие упругие и геометрические параметры слоев,  $L_k$  – линейные дифференциальные операторы [3].

Краевая задача по определению прогиба круглой упругопластической пластины на основании Пастернака замыкается присоединением граничных условий.

$$u = \psi = w = w, r = 0 \text{ при } r = R.$$

При шарнирном опирании контура пластины  $u = \psi = w = 0, M_r = 0$  при  $r = R$ .

В случае свободного контура пластины  $\psi = 0, T_r = M_r = M_{r,r} = 0$ .

Работа выполнена при финансовой поддержке БР ФФИ (проект № T18P-090).

### Литература

- 1 Пастернак, П.Л. Основы нового метода расчёта фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели. М. : Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1954. – 55 с.
- 2 Козел, А.Г. Перемещения в круговой трехслойной пластине на двухпараметрическом основании / А.Г. Козел // Механика. Исследования и инновации, 2017. – Вып. 10. – С. 90–95.
- 3 Козел, А.Г. Деформирование круговой трехслойной пластины, защемленной по контуру, на основании Пастернака / А.Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – Минск : БНТУ, 2018. – № 33. – С. 318–322.