

## ГЛАВА 20. РАЗМЕРНОСТИ И ПРАВИЛА ЗНАКОВ, ПРИНЯТЫЕ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ЛИРА

При описании размерностей величин приняты следующие обозначения:

- $F$  — размерность силы;
- $L$  — размерность длины и перемещения.

### 20.1 РАЗМЕРНОСТИ И ПРАВИЛА ЗНАКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ПОВОРОТОВ УЗЛОВ

Перемещения (размерность  $L$ ) положительны, если они направлены вдоль соответствующих осей глобальной системы координат или локальной системы координат узла.

Повороты (безразмерны) положительны, если вращают узел против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующих осей глобальной или локальной систем координат.

Депланация — скаляр, размерность  $1/L$ .

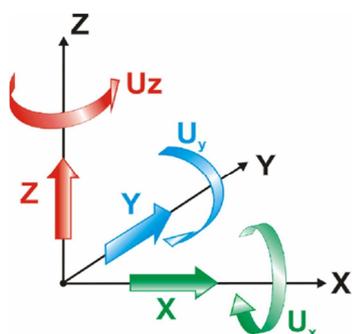


Рис. 20.1. Перемещение в глобальной системе координат

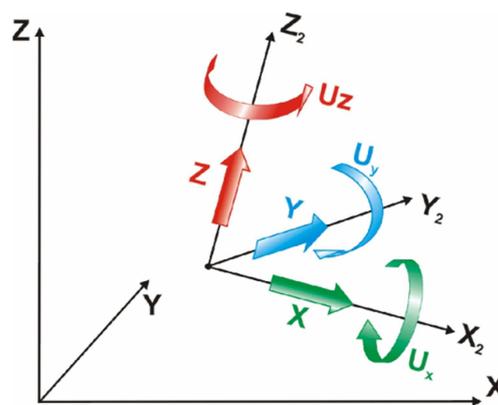


Рис. 20.2. Перемещение в локальной системе координат

### 20.2 РАЗМЕРНОСТИ И ПРАВИЛА ЗНАКОВ УЗЛОВЫХ НАГРУЗОК И ИНЕРЦИОННЫХ СИЛ

Нагрузка и инерционная сила (размерность  $F$ ) положительны, если действуют против соответствующей оси.

Моментная нагрузка и инерционный момент (размерность  $FL$ ) положительны, если действуют по часовой стрелке, если смотреть с конца соответствующей оси.

Заданное смещение положительно, если оно направлено вдоль соответствующей оси или против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси.

### 20.3 РАЗМЕРНОСТИ И ПРАВИЛА ЗНАКОВ РЕАКЦИЙ В УЗЛАХ

Линейная реакция (размерность  $F$ ) положительна, если она действует на узел против соответствующей оси глобальной или локальной системы координат узла.

Поворотная реакция (размерность  $FL$ ) положительна, если она действует на узел по часовой стрелке, если смотреть с конца соответствующей оси глобальной или локальной систем координат узла.

### 20.4 РАЗМЕРНОСТИ И ПРАВИЛА ЗНАКОВ УСИЛИЙ В КЭ СТЕРЖНЯ

Таблица 20.1 Размерности и правила знаков усилий в стержне

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяет
N	F	Осевое усилие	Растяжение
$M_{кр}$	FL	Крутящий момент относительно оси $X_1$	Действие против часовой стрелки, если смотреть с конца оси $X_1$ , на сечение, принадлежащее концу стержня
$M_y$	FL	Изгибающий момент относительно оси $Y_1$	Растяжение нижнего волокна (относительно направления оси $Z_1$ )
$Q_z$	F	Перерезывающая сила вдоль оси $Z_1$	Совпадение с направлением оси $Z_1$ для сечения, принадлежащего концу стержня
$M_z$	FL	Изгибающий момент относительно оси $Z_1$	Растяжение нижнего волокна (относительно направления оси $Y_1$ )
$Q_y$	F	Перерезывающая сила вдоль оси $Y_1$	Совпадение с направлением оси $Y_1$ для сечения, принадлежащего концу стержня
B	FLL	Бимомент	Скаляр

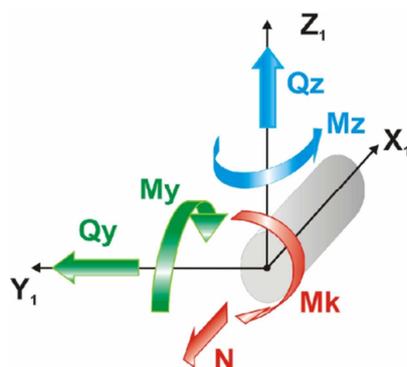


Рис. 20.3. Направление усилий в стержне в локальной системе координат

### 20.5 РАЗМЕРНОСТИ И ПРАВИЛА ЗНАКОВ УСИЛИЙ В КЭ ПЛАСТИН

Таблица 20.2 Размерности и правила знаков усилий в КЭ плит

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяет
$M_x$	FL/L	Момент, действующий на сечение, ортогональное оси $X_1$	Растяжение нижнего относительно оси $Z_1$ волокна
$M_y$	FL/L	То же относительно оси $Y_1$	Растяжение нижнего относительно оси $Z_1$ волокна
$M_{xy}$	FL/L	Крутящий момент	Диагональ 1–4 или медиана, выходящая из узла 1, выпукла вниз относительно оси $Z_1$
$Q_x$	F/L	Перерезывающая сила вдоль оси $Z_1$ в сечении, ортогональном оси $X_1$	Совпадение с направлением оси $Z_1$ на той части КЭ, в которой отсутствует узел 1
$Q_y$	F/L	То же, в сечении, ортогональном оси $Y_1$	Совпадение с направлением оси $Z_1$ на той части КЭ, в которой отсутствует узел 1
$R_z$	F/L <sup>2</sup>	Давление на грунт	Растяжение грунта

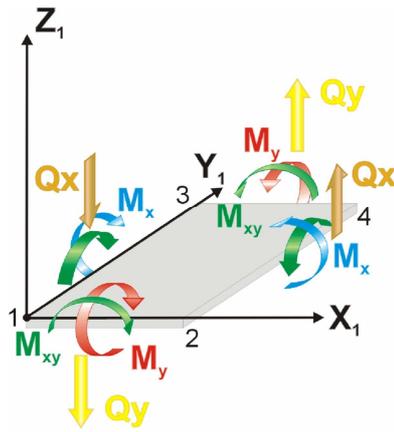


Рис. 20.4. Направление усилий в плите в локальной системе координат

Таблица 20.3 Размерности и правила знаков усилий в КЭ балки-стенки

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяет
$N_x$	$F/L^2$	Нормальное напряжение вдоль оси $X_1$	Растяжение
$N_z$	$F/L^2$	Нормальное напряжение вдоль оси $Z_1$	Растяжение
$T_{xz}$	$F/L^2$	Сдвигающее напряжение	Удлинение диагонали 1–4 четырехугольного КЭ или медианы, выходящей из узла 1, в треугольном КЭ

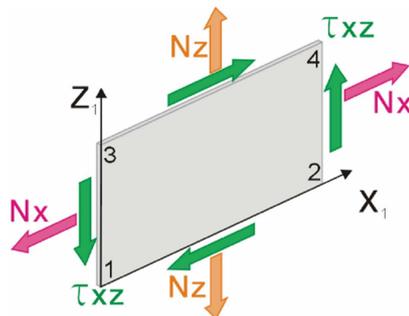


Рис. 20.5. Направление усилий в балке-стенке в локальной системе координат

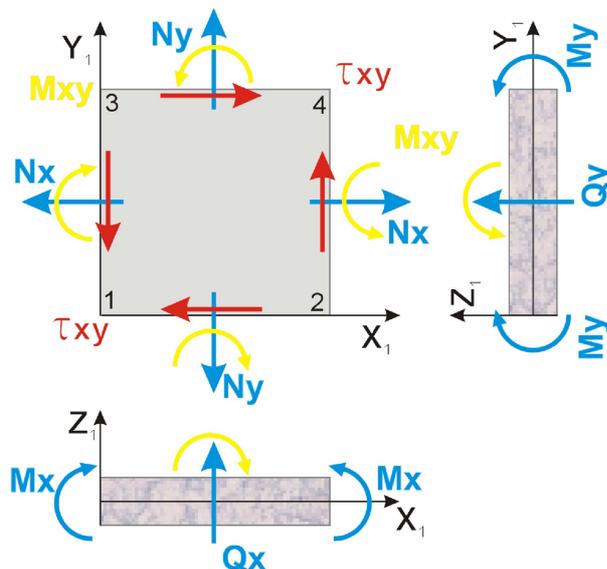


Рис. 20.6. Направление усилий в оболочке в локальной системе координат

Таблица 20.4 Размерности и правила знаков усилий в КЭ пластин

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяет
$N_x$	$F/L^2$	Нормальное напряжение вдоль оси $X_1$	Растяжение
$N_y$	$F/L^2$	То же вдоль оси $Y_1$	Растяжение
$T_{xy}$	$F/L^2$	Сдвигающее напряжение	Удлинение диагонали 1–4 четырехугольного КЭ или медианы треугольного КЭ, выходящей из узла 1
$M_x$	$FL/L$	Момент, действующий на сечение, ортогональное оси $X_1$	Растяжение нижнего относительно оси $Z_1$ волокна
$M_y$	$FL/L$	То же вдоль оси $Y_1$	Растяжение нижнего относительно оси $Z_1$ волокна
$M_{xy}$	$FL/L$	Крутящий момент	Диагональ 1–4 или медиана, выходящая из узла 1, выпукла вниз относительно оси $Z_1$
$Q_x$	$F/L$	Перерезывающая сила вдоль оси $Z_1$ в сечении, ортогональном оси $X_1$	Совпадение с направлением $Z_1$ на той части КЭ, в которой отсутствует узел 1
$Q_y$	$F/L$	Перерезывающая сила вдоль оси $Z_1$ в сечении, ортогональном оси $Y_1$	То же для оси $Y_1$
$R_z$	$F/L^2$	Давление на грунт	Растяжение грунта

## 20.6 РАЗМЕРНОСТИ И ПРАВИЛА ЗНАКОВ УСИЛИЙ В ОБЪЕМНЫХ КЭ

Таблица 20.5 Размерности и правила знаков усилий в объемных КЭ

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяет
$N_x$	$F/L^2$	Нормальное напряжение вдоль оси $X_1$	Растяжение
$N_y$	$F/L^2$	То же вдоль оси $Y_1$	Растяжение
$N_z$	$F/L^2$	То же вдоль оси $Z_1$	Растяжение
$T_{xy}$	$F/L^2$	Сдвигающее напряжение, параллельное оси $X_1$ и лежащее в плоскости, параллельной $X_1OZ_1$	Совпадение с направлением оси $X_1$ , если $NY$ совпадает по направлению с осью $Y_1$
$T_{xz}$	$F/L^2$	Сдвигающее напряжение, параллельное оси $X_1$ и лежащее в плоскости, параллельной $X_1OY_1$	Совпадение с направлением оси $X_1$ , если $NZ$ совпадает по направлению с осью $Z_1$
$T_{yz}$	$F/L^2$	Сдвигающее напряжение, параллельное оси $Y_1$ и лежащее в плоскости, параллельной $X_1OY_1$	Совпадение с направлением оси $Y_1$ , если $NZ$ совпадает по направлению с осью $Z_1$

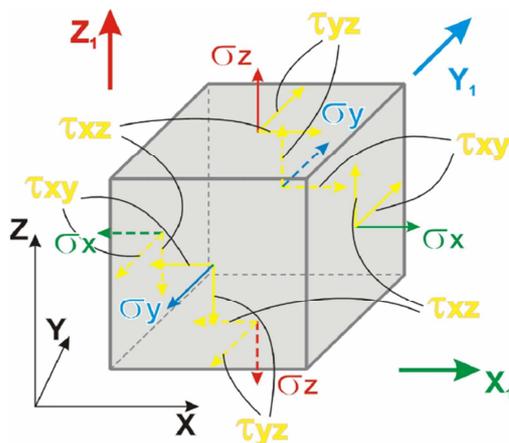


Рис. 20.7. Направление усилий в объемном КЭ в локальной системе координат

## 20.7 РАЗМЕРНОСТИ И ПРАВИЛА ЗНАКОВ УСИЛИЙ В СПЕЦИАЛЬНЫХ КЭ

Таблица 20.6 Правила знаков усилий в специальных одноузловых КЭ 56, 263, 256, 266

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяется
$R_x$ $R_y$ $R_z$	F F F	Усилия в связи, ограничивающей перемещение вдоль осей координат	Положительным перемещением узла
$R_{ux}$ $R_{uy}$ $R_{uz}$	FL FL FL	Усилия в связи, ограничивающей поворот вокруг осей координат	Положительным поворотом узла

Таблица 20.7 Правила знаков усилий в специальных двухузловых КЭ 55, 264, 255, 265

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяется
$R_x$ $R_y$ $R_z$	F F F	Усилия в связи, ограничивающей перемещение вдоль осей координат	Положительной разностью перемещений второго и первого узлов
$R_{ux}$ $R_{uy}$ $R_{uz}$	FL FL FL	Усилия в связи, ограничивающей поворот вокруг осей координат	Положительной разностью поворотов второго и первого узлов

Знаки усилий специального двухузлового КЭ 55 зависят от порядка перечисления узлов при задании элемента.

Таблица 20.8 Правила знаков усилий в специальных КЭ 53,54

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяется
$R_z$	F	Отпор грунта за пределами конструкции в узле элемента	Положительным перемещением узла вдоль оси Z