

ГЛАВА 17. ПРАВИЛА ЗНАКОВ, ПРИНЯТЫЕ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ

При описании размерности единиц измерения приняты следующие обозначения:

F – размерность силы

L – размерность длины

17.1 НАГРУЗКИ И ИНЕРЦИОННЫЕ СИЛЫ

Нагрузка и инерционная сила считается положительной, если она действует против соответствующей оси или по часовой стрелке, если смотреть с конца соответствующей оси.

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

17.2 ПРАВИЛА ЗНАКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ УЗЛОВ

Линейные перемещения положительны, если они направлены вдоль соответствующих осей глобальной системы координат или локальной системы координат узла.

Угловые перемещения (повороты) положительны, если они вращают узел против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующих осей глобальной или локальной систем координат.

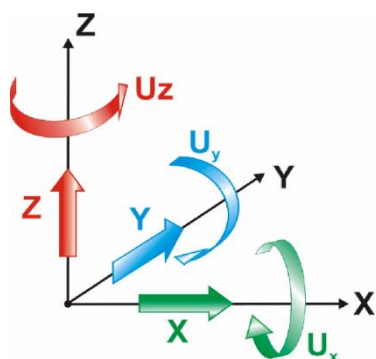


Рисунок 17.1 Перемещение в глобальной системе координат

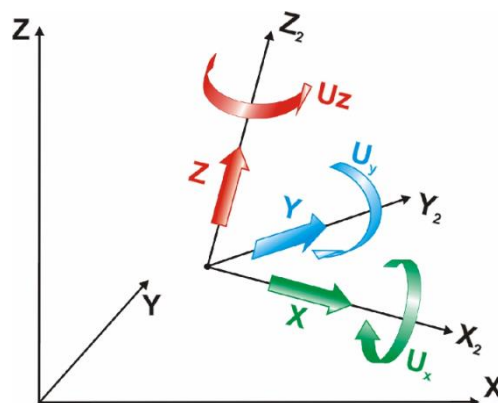


Рисунок 17.2 Перемещение в локальной системе координат

17.3 ПРАВИЛА ЗНАКОВ РЕАКЦИЙ В УЗЛАХ

Линейная реакция считается положительной, если она действует на узел против соответствующей оси глобальной или локальной системы координат узла.

Поворотная реакция считается положительной, если она действует на узел по часовой стрелке, если смотреть с конца соответствующей оси глобальной или локальной систем координат.

17.4 ПРАВИЛА ЗНАКОВ УСИЛИЙ В КЭ СТЕРЖНЯ

Таблица 17.1 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.

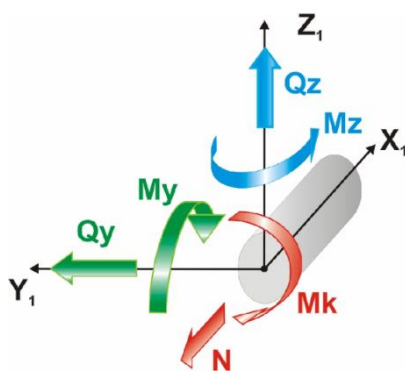


Рисунок 17.3 Направление усилий в стержне в локальной системе координат

17.5 ПРАВИЛА ЗНАКОВ УСИЛИЙ В ПЛАСТИНЧАТЫХ КЭ

Таблица 17.2 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	Кривизна диагонали 1-4 (или медианы, выходящей из узла 1), направленная относительно оси Z_1 выпуклостью вниз.
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^2	Давление на грунт	Растяжение грунта

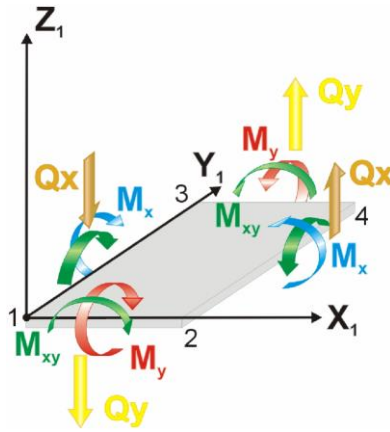


Рисунок 17.4 Направление усилий в плите в локальной системе координат

Таблица 17.3 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

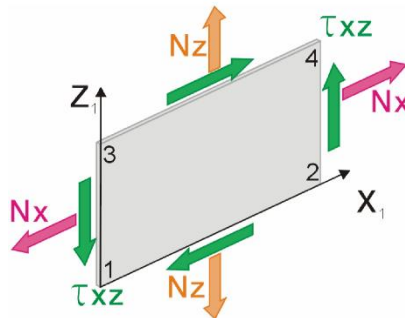


Рисунок 17.5 Направление усилий в балке-стенке в локальной системе координат

Таблица 17.4 Правило знаков усилий в КЭ оболочках

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 сечении, 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	Кривизна диагонали 1-4 или медианы, выходящей из узла 1, направленная относительно оси Z_1 выпуклостью вниз

Продолжение таблицы 17.4

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяет
Q_x	F/L	Перерезывающая сила вдоль оси Z_1 в сечении, ортогональному 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, ортогональному оси Y_1	То же, для оси Y_1
R_z	F/L ²	Давление на грунт	Растяжение грунта

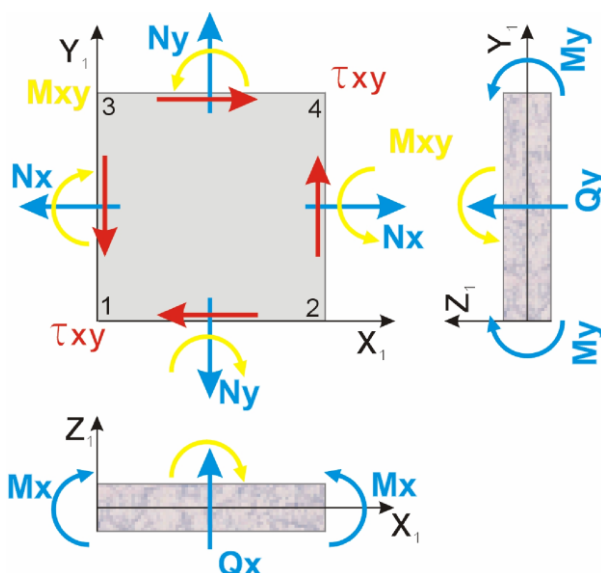


Рисунок 17.6 Направление усилий в оболочке в локальной системе координат

17.6 ПРАВИЛА ЗНАКОВ УСИЛИЙ В ОБЪЕМНЫХ КЭ

Таблица 17.5 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

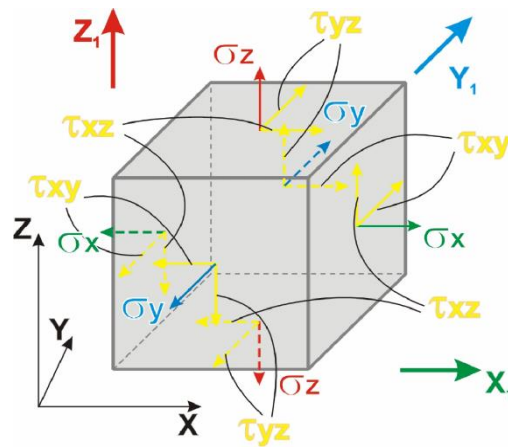


Рисунок 17.7 Направление усилий в объёмном КЭ в локальной системе координат

17.7 ПРАВИЛА ЗНАКОВ УСИЛИЙ В СПЕЦИАЛЬНЫХ КЭ

Таблица 17.6 Правила знаков усилий в специальных КЭ 51, 56

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяется
R_x R_y R_z	F F F	Усилия в линейной связи, налагаемой вдоль осей координат.	Положительным перемещением узла
R_{ux} R_{uy} R_{uz}	FL FL FL	Усилия в связи, ограничивающей поворот вокруг осей координат.	Поворотом узла против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси.

Правила знаков усилий в специальных КЭ 55

Усилия в КЭ 55 вычисляются через произведение разности перемещений между концом и началом ($T_i = T2_i - T1_i$) элемента и соответствующего члена матрицы жесткости. i – индекс, который обозначает перемещение вдоль соответствующей оси ($i = X, Y, Z$), или поворот вокруг соответствующей оси ($i = U_x, U_y, U_z$).

Принято, что знак усилия совпадает со знаком разности T_i . Вследствие этого знак усилия зависит от порядка перечисления узлов при задании элемента.

Таблица 17.7 Правила знаков усилий в специальных КЭ 53

Индекс	Размерность	Описание	Положительный знак усилия определяется
R_{zi}	F	Отпор грунта за пределами конструкции в i -ом узле элемента	Положительным перемещением узла вдоль оси Z

Правила знаков усилий в специальных КЭ 54

Вычисляемое усилие в КЭ 54 соответствует отпору угловой зоны грунта. Положительный знак соответствует положительному перемещению узла вдоль оси Z.