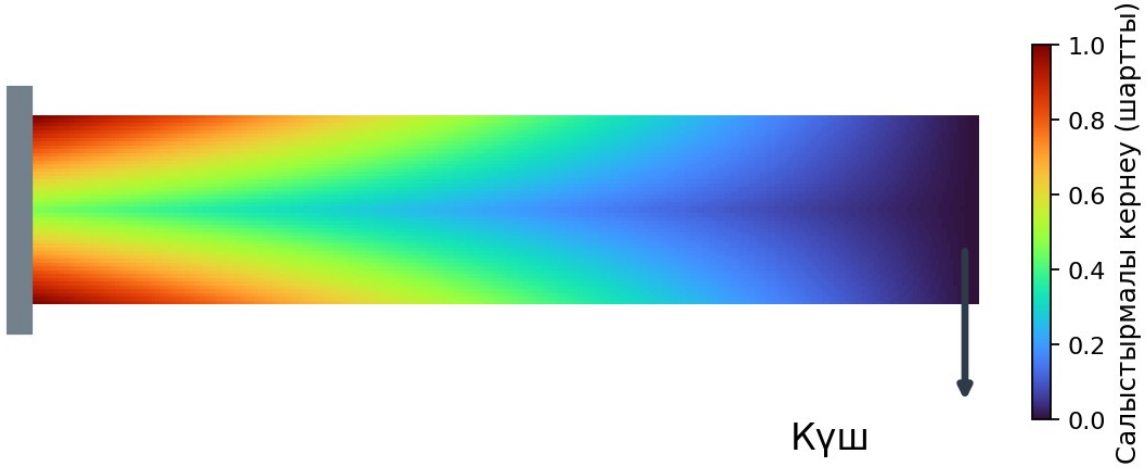
SolidWorks Simulation: статикалық талдау және иілу

Stress Analysis

Иілу кезіндегі кернеулі-деформацияланған күй



CAD → FEM → Нәтижені тексеру → Инженерлік шешім

Дәрістің мақсаты және нәтижелері

- SolidWorks Simulation ортасында Static Study құру ретін меңгеру.
- Кернеу σ, салыстырмалы деформация ε және орын ауыстыру u шамаларын ажырату.
- Материал, бекіту, сыртқы күш және тор (mesh) нәтижеге қалай әсер ететінін түсіну.
- Иілуге ұшырайтын консоль арқалық үшін аналитикалық есеп пен FEM нәтижесін салыстыру.
- Модельдеу қателерін анықтау және беріктік қоры туралы инженерлік қорытынды жасау.

Статикалық талдаудың физикалық негізі

Тепе-теңдік:

$\Sigma F = 0;\ \Sigma M = 0$

Серпімділік (Гук заңы):

$\sigma = E\varepsilon$

Сызықтық статикалық модельде инерция және уақыт бойынша өзгеретін әсерлер ескерілмейді.

Негізгі болжамдар:

- Кіші деформациялар
- Сызықтық-серпімді материал
- Жүктеме баяу беріледі
- Бекітулер мен контакт дұрыс анықталған

Болжамдар орындалмаса, бейсызық талдау қажет.

SolidWorks Simulation жұмыс алгоритмі

01 Геометрия

Деталь, өлшем және бірліктер

02 Материал

E, ν, аққыштық шегі

03 Fixtures

Бекіту және шектеулер

04 Loads

Күш, қысым, момент

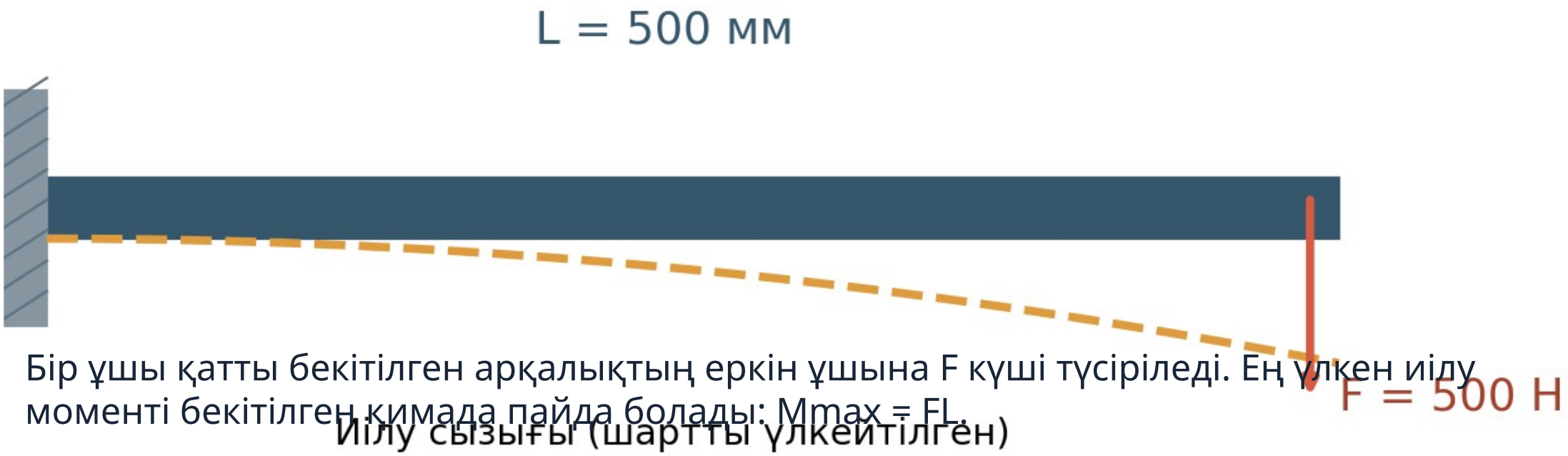
05 Mesh + Run

Тор және шешім

06 Results

Stress, URES, Strain, FOS

Иілу: консоль арқалықтың есептік схемасы



Бір ұшы қатты бекітілген арқалықтың еркін ұшына F күші түсіріледі. Ең үлкен иілу моменті бекітілген қимада пайда болады: Mmax = FL.

Иілу кернеуі мен қиманың инерция моменті

$$\sigma = My / I$$

$$I = bh^3 / 12$$

$$\sigma max = 6FL / (bh^2)$$

Мұнда M — қимадағы иілу моменті; y — бейтарап осьтен қашықтық; I — ауданның инерция моменті.

Тікбұрышты қима үшін b — ені, h — биіктігі. Қиманың биіктігі артқан сайын иілу кернеуі квадраттық заңмен азаяды.

Формулалар Эйлер–Бернулли арқалық теориясының қолданылу шарттарында дұрыс.

Орын ауыстыру: қаттылықтың әсері

$$\delta max = FL^3 / (3EI)$$

E — Юнг модулі, I — қиманың инерция моменті.

Егер ұзындық 2 есе артса, басқа параметрлер өзгермеген жағдайда ұштағы иілу 8 есе өседі.

Қиманың биіктігі 2 есе артса, тікбұрышты қиманың I шамасы 8 есе артады, сондықтан орын ауыстыру азаяды.

Сандық мысал: болат консоль

Берілгені:

L = 0,5 м; F = 500 Н

b = 0,04 м; h = 0,02 м

E = 210 ГПа

$I = 2{,}667 \times 10^{-8}$ м^4

Mmax = 250 Н·м

Нәтиже:

σmax = 93,75 МПа

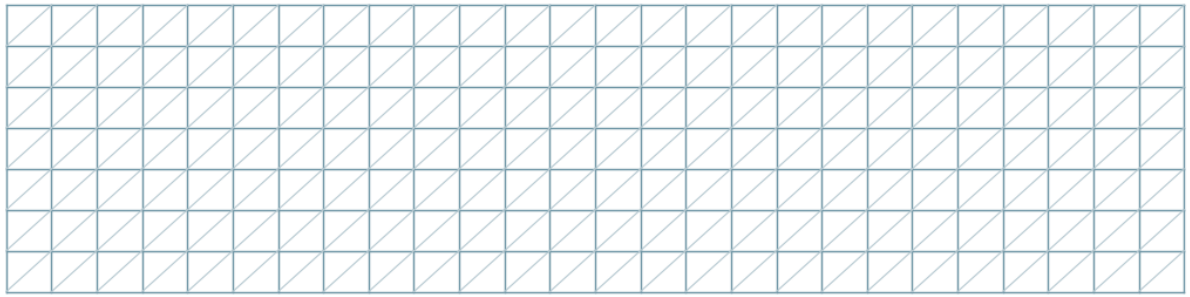
δmax ≈ 3,72 мм

Егер Re = 235 МПа болса:

FOS ≈ 2,51

Бұл — қарапайым арқалық моделі бойынша аналитикалық есеп; SolidWorks-та орындалған нақты симуляция емес.

Ақырлы элементтер торы (Mesh)

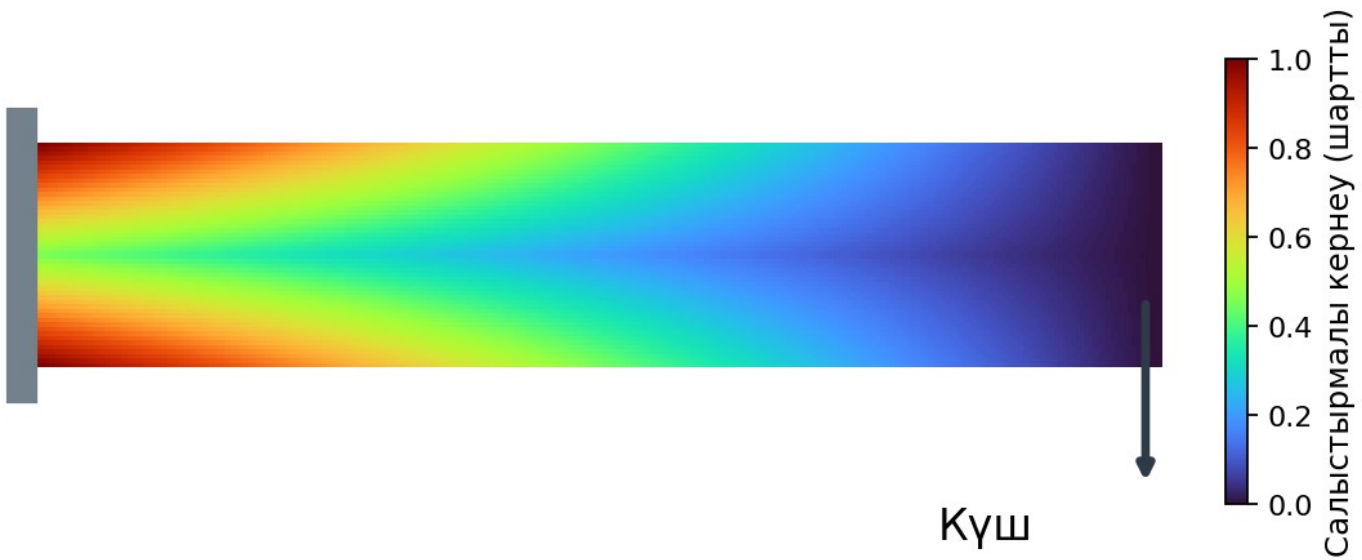


Mesh геометрияны ұсақ элементтерге бөледі.

Тор ұсақталған сайын нәтиженің тұрақтылығын тексеру керек. Бірақ есептеу уақыты артады.

Бекіту, саңылау, өткір бұрыш және күш түсіру аймақтарында жергілікті торды ұсақтау маңызды.

Stress plot: von Mises кернеуі

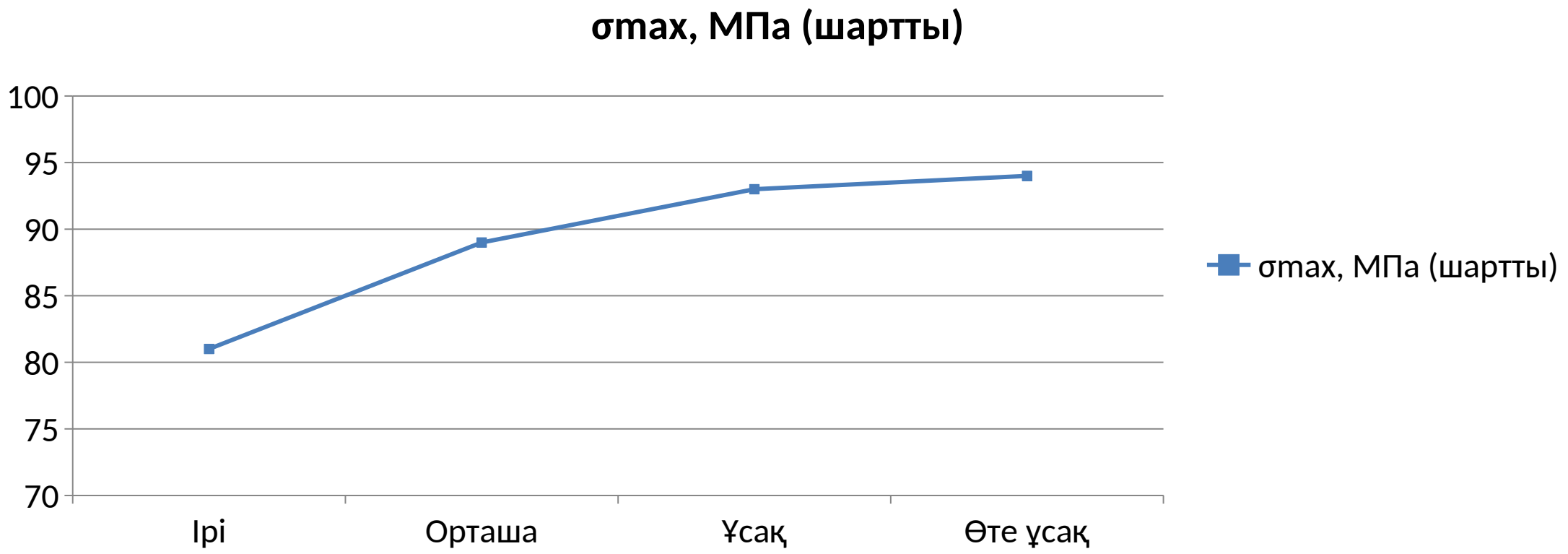


Түсті карта қауіпті аймақтарды анықтауға көмектеседі.

von Mises кернеуі пластикалық ағудың ықтималдығын бағалауда қолданылады.

Ең үлкен түсті мәнді бірден «бұзылу» деп қабылдауға болмайды: тор сапасын, шекара шарттарын және сингулярлықты тексеріңіз.

Mesh convergence: нәтиженің орнықтылығы



Мысалдық деректер: тор ұсақталған сайын нәтижелер жақындауы мүмкін. Нақты SolidWorks есебі емес.

Көп кездесетін қателер және шешімдер

Проблема	Себебі	Не істеу керек
Өте үлкен орын ауыстыру	Бекіту жеткіліксіз	Fixtures және еркіндік дәрежелерін тексеру
Жергілікті σ өте жоғары	Өткір бұрыш / нүктелік күш	Контакт, жүктеме ауданын нақтылау
Торға тәуелді нәтиже	Mesh тым ірі	Тор тәуелсіздігін тексеру
Қате материал	E немесе бірлік дұрыс емес	Материал қасиеттерін қайта қарау
Қате қорытынды	Тек бір графикке сүйену	Stress + displacement + FOS салыстыру

SolidWorks-та орындалатын тәжірибелік тапсырма

- 500 × 40 × 20 мм консоль арқалық моделін құрыңыз; болат материалын таңдаңыз.
- Static Study ашып, сол жақ бетін Fixed Geometry арқылы бекітіңіз.
- Оң жақ ұшына төмен бағытталған 500 Н күш қолданыңыз.
- Mesh құрып, Run іске қосыңыз; von Mises, displacement және strain нәтижелерін сақтаңыз.
- Қима биіктігін 20 мм-ден 25 мм-ге өзгертіп, екі нұсқаның кернеуі мен иілуін салыстырыңыз.
- Нәтижені аналитикалық формулалармен тексеріп, айырмашылық себептерін түсіндіріңіз.

Қорытынды және бақылау сұрақтары

Статикалық FEM талдауы бөлшектің кернеуін, деформациясын және орын ауыстыруын бағалауға мүмкіндік береді. Нәтиженің сенімділігі дұрыс геометрияға, материалға, бекітуге, жүктемеге және торға тәуелді.

Сұрақтар: Неге ең үлкен кернеу бекіту маңында пайда болады? Қима биіктігі иілуге қалай әсер етеді? Неліктен mesh convergence қажет? FOS көрсеткіші қалай түсіндіріледі?

Дереккөздер: SOLIDWORKS Design Help — Performing Static Analysis; SOLIDWORKS Simulation Instructor Guide.