

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра основ конструювання механізмів і машин

Методичні рекомендації
для самостійної роботи студентів
при виконанні лабораторних робіт по проектуванню взаємодії об'єктів
з дисципліни
«Проектування взаємодії та рендерінг виробничого обладнання»
Частина II
«Проектування взаємодії»
для студентів спеціальності 132 Матеріалознавство

Дніпро
2018

Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів при проектуванні взаємодії об'єктів з дисципліни «Проектування взаємодії та рендерінг виробничого обладнання» Частина II «Проектування взаємодії» для студентів спеціальності 132 Матеріалознавство / І.В. Вернер, Т.О. Письменкова, А.О. Логінова – Дніпро: НТУ «ДП», 2018. – 68 с.

Упорядники:

І.В. Вернер, ас.

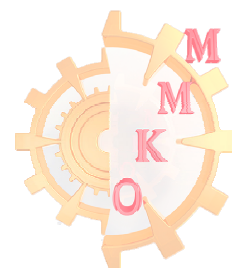
Т.О. Письменкова, канд.пед.наук

А.О. Логінова, канд.техн.наук

Затвержено до видання редакційною радою НГУ (протокол № 10 від 09.10.2018) за поданням кафедри ОКММ (протокол № 2_від 20.09.2018).

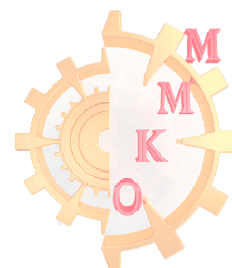
Методичні рекомендації по проектуванню взаємодії об'єктів з дисципліни «Проектування взаємодії та рендерінг виробничого обладнання» Частина II «Проектування взаємодії» для студентів спеціальності 132 Матеріалознавство сприятимуть набуттю у студентів навичок створення тривимірних об'єктів та моделювання оточуючого середовища і взаємодії об'єктів із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри основ конструювання механізмів і машин к.т.н., доц. К.А. Зіборов.



ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота № 1	5
Лабораторна робота № 2	8
Лабораторна робота № 3	12
Лабораторна робота № 4	15
Лабораторна робота № 5	21
Лабораторна робота № 6	30
Індивідуальне завдання	67
Література.....	68



ВСТУП

Стрімкий розвиток суспільства зумовлений зростанням обсягу інформації та удосконаленням технологій, призвів до появи ряду нових професій. В кожній галузі діяльності вимоги до фахівців зростають, висувуються додаткові компетентності які потребують активної взаємодії багатьох учасників та об'єктів процесу.

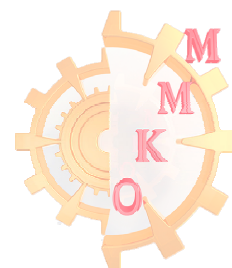
Творчість та інноваційність є важливою складовою будь-якого процесу. Конструювання не є виключенням, а навіть має в основі діяльності творчий процес, що спонукає до пошуку нових підходів, дій та результатів. Спираючись на вище зазначене розуміємо, що підготовка фахівців вимагає суттєвих змін.

У освітніх стандартах спеціальності 132 Матеріалознавство до фахівців з вищою освітою на ряду з фаховими компетентностями висувається ряд додаткових компетентностей які необхідні у будь-якій сфері діяльності, як професійній так і побутовій.

Створення функціональних і ергономічних предметів, естетично приємний зовнішній вигляд виробу, підвищення енерго- та ресурсозбереження під час виробництва та використання предмета, проектування безпечних для людини і навколишнього середовища речей, створення інтуїтивно простого у використанні обладнання – всі ці критерії нового продукту вимагають від сучасного інженера не тільки професійних навичок, а й широку уяву і тонке естетичне бачення.

Дисципліною «Проектування взаємодії та рендерінг виробничого обладнання» забезпечуються результати навчання наведені в освітній програмі підготовки бакалаврів за спеціальністю 132 Матеріалознавство – здатність доносити інформацію, ідеї, проблеми, рішення та власний досвід; застосовувати до рішення прикладних задач дизайнерські методи обробки та донесення інформації.

Представлені методичні рекомендації створені з метою допомогти студентам у формуванні умінь розв'язувати прикладні дизайнерські задачі із застосуванням сучасних інформаційних технологій.



Лабораторна робота 1 Взаємодія м'яких і твердих об'єктів.

Мета роботи: набутти навичок роботи модифікатора *cloth* на прикладі проектування взаємодії тканини і твердої поверхні.

Відкрийте сцену із лабораторної роботи із моделлю підставки під квіти (рис.1).

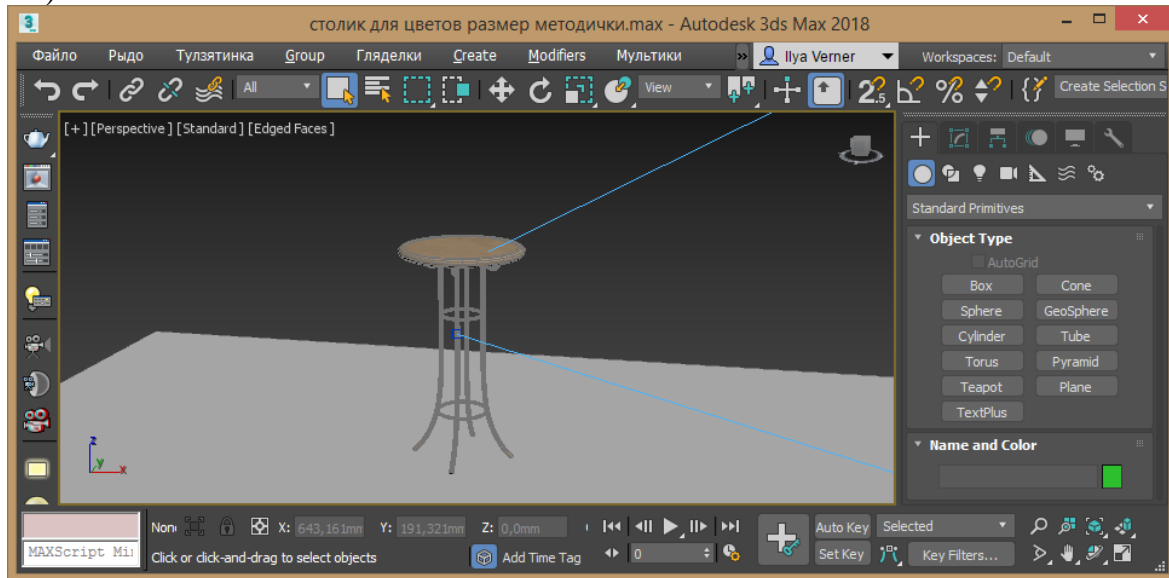


Рис.1. Приклад виконання об'єкту

Перейдіть до видового екрану згори *Top* та створіть площину *Plane* більшу за діаметр підставки, у прикладі розміри 600х600 мм. Зробіть кількість сегментів 50 для усіх параметрів (рис.2).

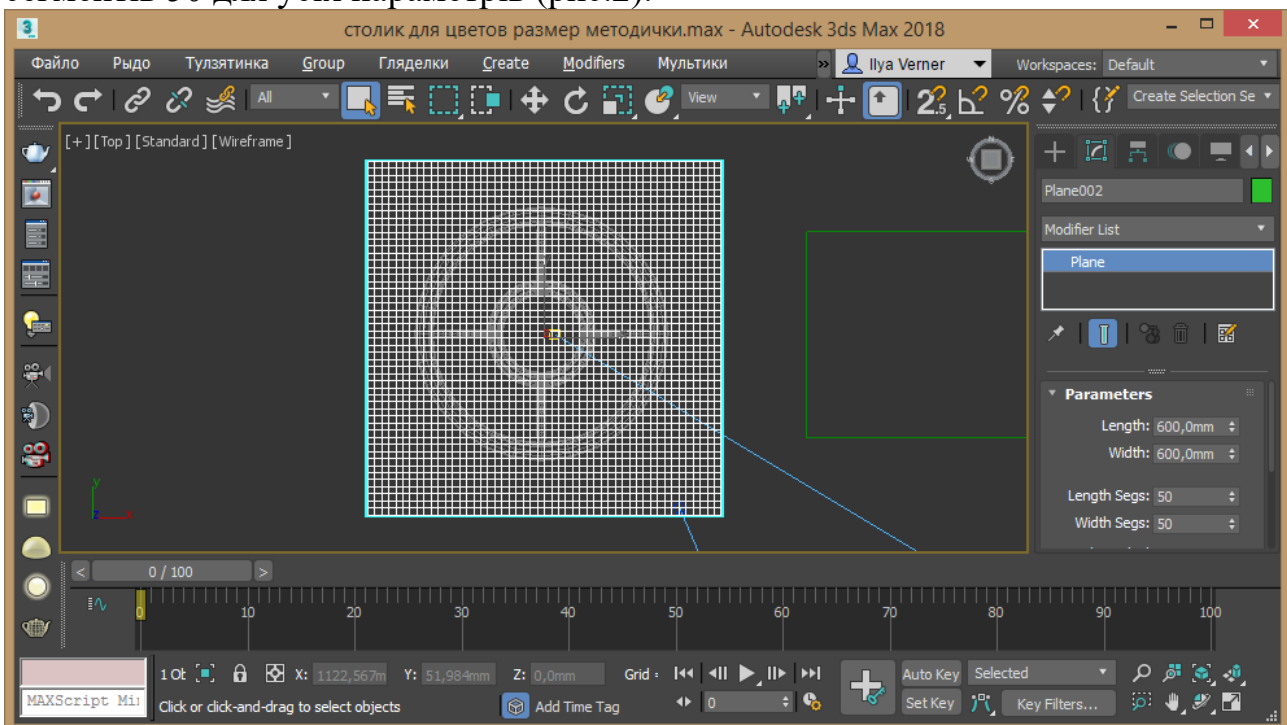


Рис.2. Параметри площини



Встановіть отриманий елемент на невелику відстань над підставкою. Додайте модифікатор *Cloth* та натисніть кнопку *Object Property*.

У діалоговому вікно *Object Property* (властивості об'єктів взаємодії) натисніть кнопку *Add Objects* та оберіть усі елементи підставки, встановіть перемикач для них у положення *Collision Object* – тобто нерухомі елементи взаємодії. Встановіть параметр офсет на 5 (рис.3). Оберіть елемент скатертини та встановіть перемикач у положення *Cloth* (одяг), із бібліотеки матеріалів *Presets* оберіть шовк *Silk*.

На вкладці *Simulation parameters* встановіть наступні значення: *cm/unit*: 2, *Self Collision*: 1 – та увімкніть прапорець (рис.4).

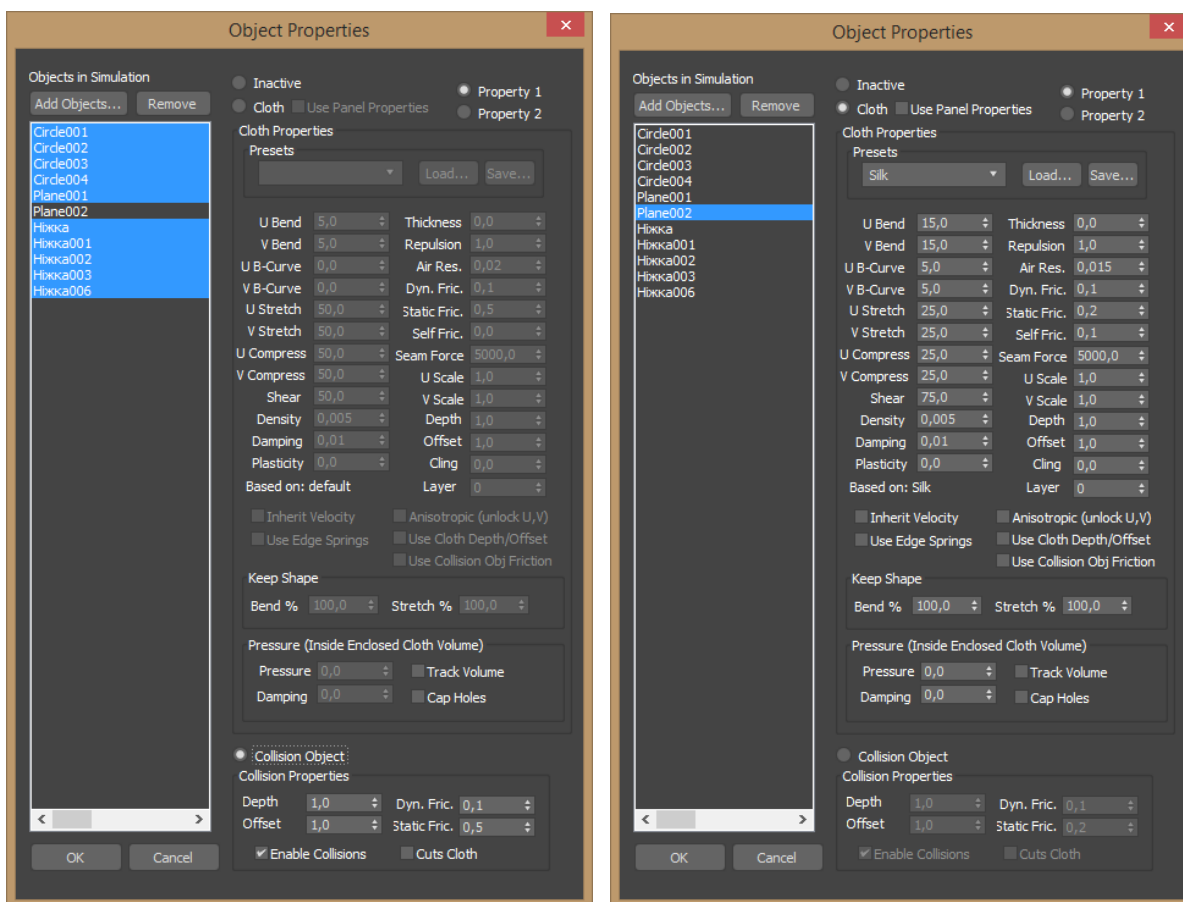
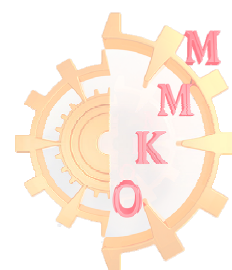


Рис.3. Налаштування об'єктів модифікатора Cloth

Оберіть скатертину та командою обертю оберніть за усіма вісями на 3 градуси. Натисніть кнопку *Simulate* та дочекайтесь розрахунків 100 кадрів взаємодії скатертини із підставкою під дією сили тяжіння (рис.5) параметр якої керується параметром *Gravity*: -980 (9,8 м/с²).



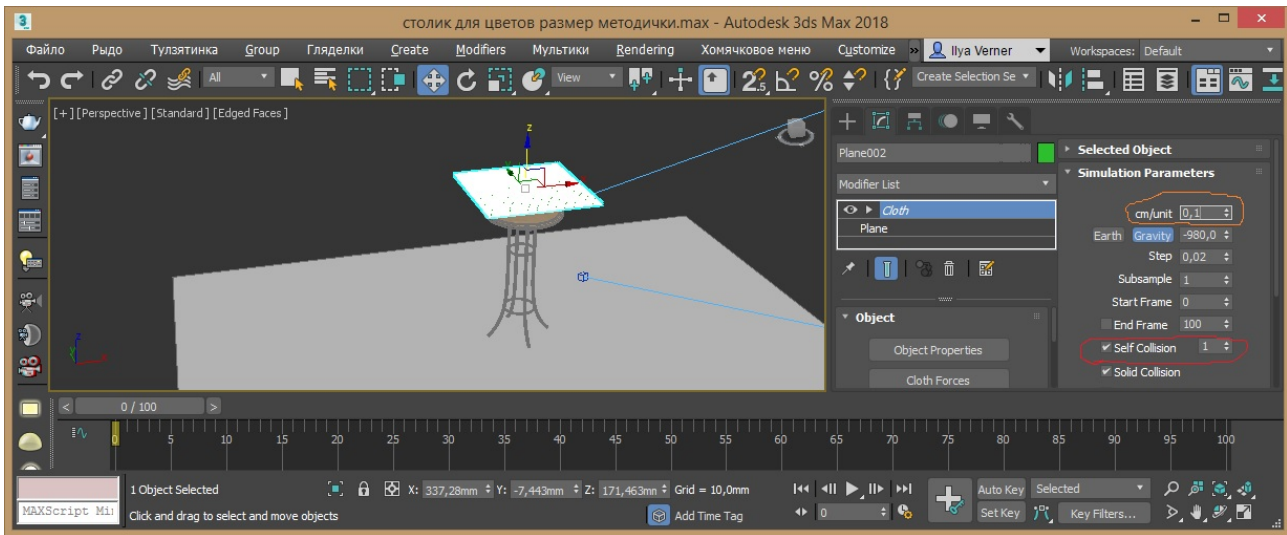


Рис.4. Налаштування параметрів симуляції

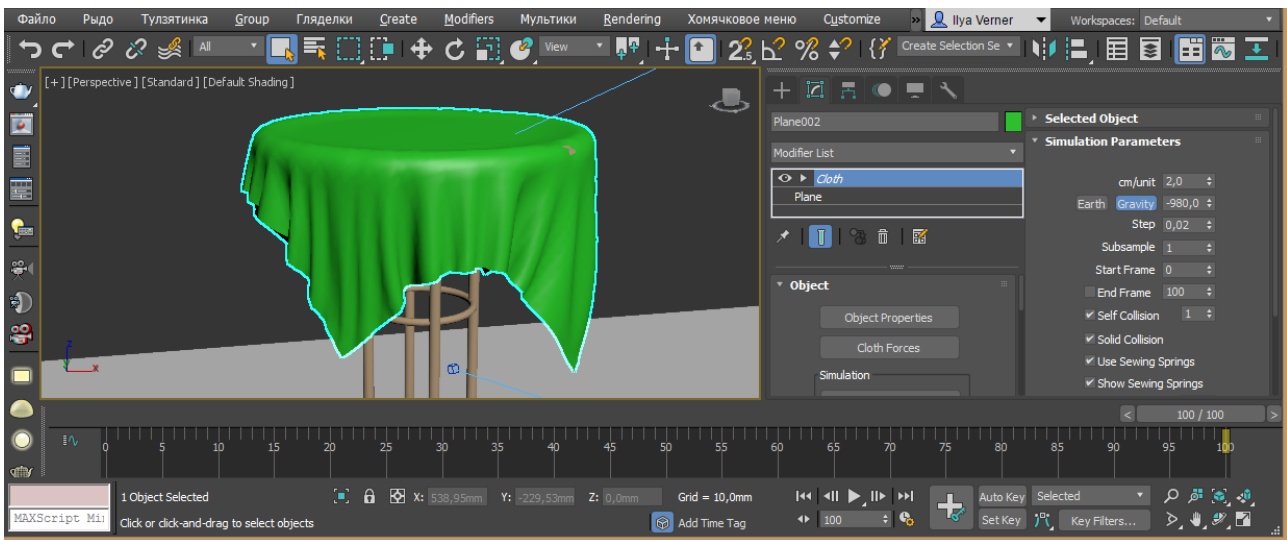
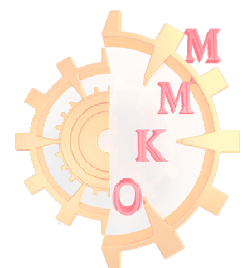


Рис.5. Результат симуляції

В случае потреби на сотому кадрі перетворить скатертину у полігональний об'єкт командою контекстного меню Convert to Editable Poly. Надайте модифікатор Shell та встановить потрібну товщину для скатертини.



Лабораторна робота 2 Моделювання м'якої меблі.

Мета роботи: отримати навички моделювання використовуючи полігональні об'єкти що редагуються.

Встановити в якості одиниць виміру міліметри, скориставшись пунктом меню Customize - Unit Setup.

Створіть паралелепіпед та відредагуйте його розміри задав наступні параметри 2000, 600, 150, 25, 10, 4 відповідно (рис.6).

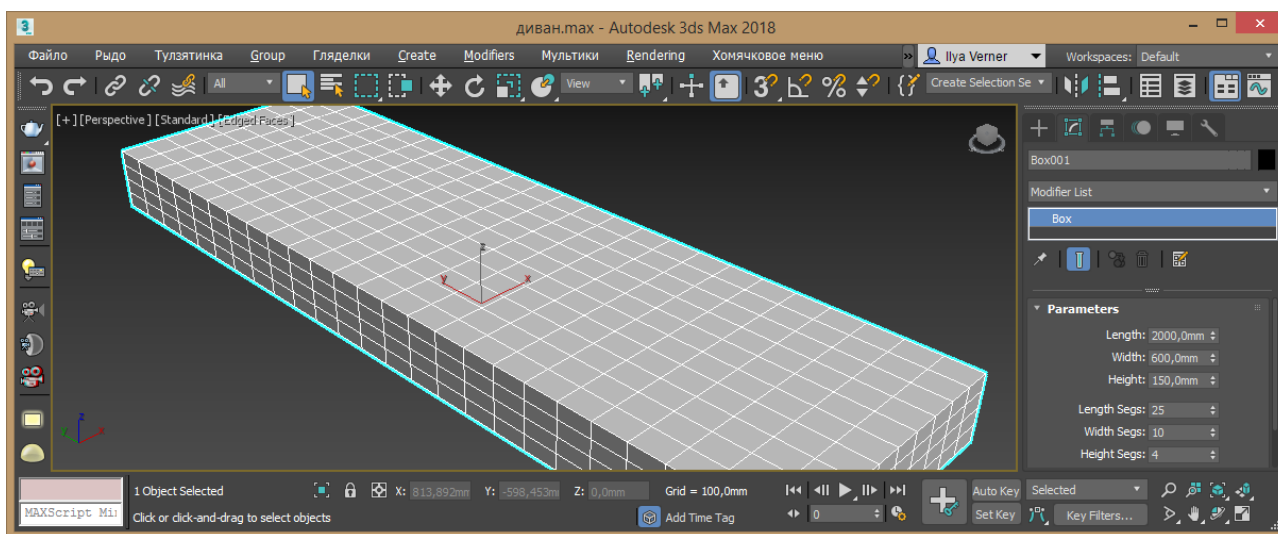
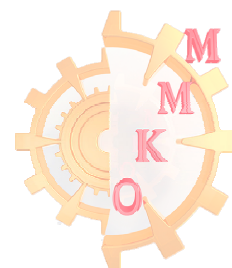


Рис.6. Параметри боксу

Надаймо отриманому об'єкту випуклої форми застосував модифікатор Cloth. Натисніть кнопку Object Property та встановіть об'єкту тип Cloth та надайте внутрішньому тиску Pressure параметр 1. Закрийте вікно параметрів об'єктів. На вкладці Simulation Parameters встановіть гравітаційну складову сили Gravity надавши значення 0. Натисніть кнопку Simulate, після прорахунку 100 кадрів встановіть покажчик кадрів на 8 (рис.7) кадр та перетворіть об'єкт у полігональний командою контекстного меню Convert to Editable Poly.

Перейдіть у режим редагування ребер Edge, виділіть верхні бокові грані та надайте команду Extrude із параметрами -4, 7 мм відповідно. Потім застосуйте до нижніх (рис.8).

Виділіть верхні та нижні бокові грані и застосуйте до них модифікатор згладжування TurboSmooth. Ще раз до цих ребер у режимі редагування ребер Edge застосуйте команду Extrude із параметрами 1, 11 мм (рис.9).



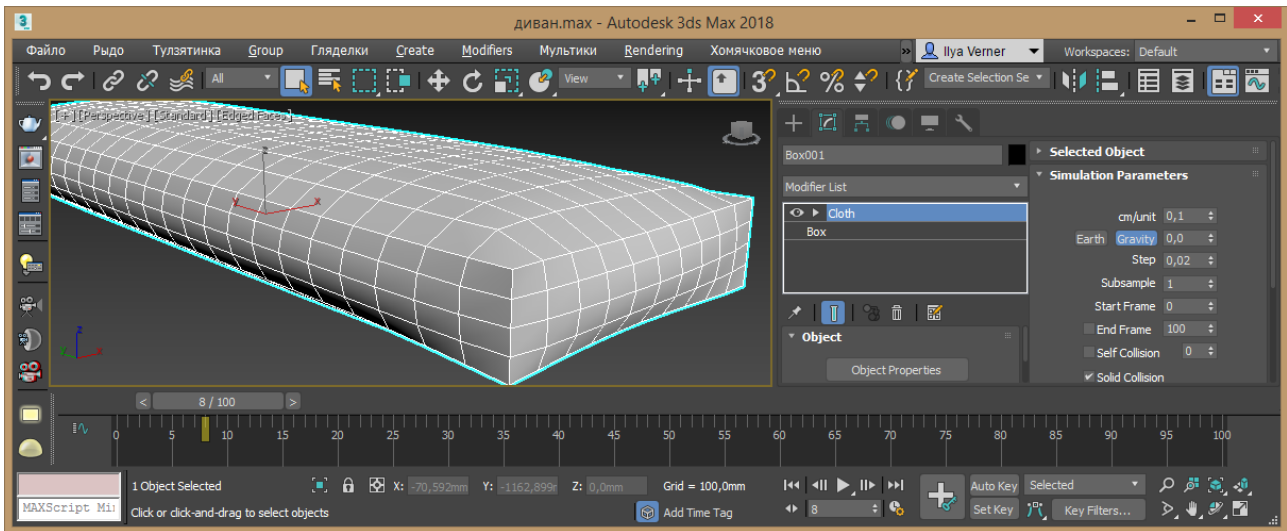


Рис.7. Результат праці внутрішнього тиску

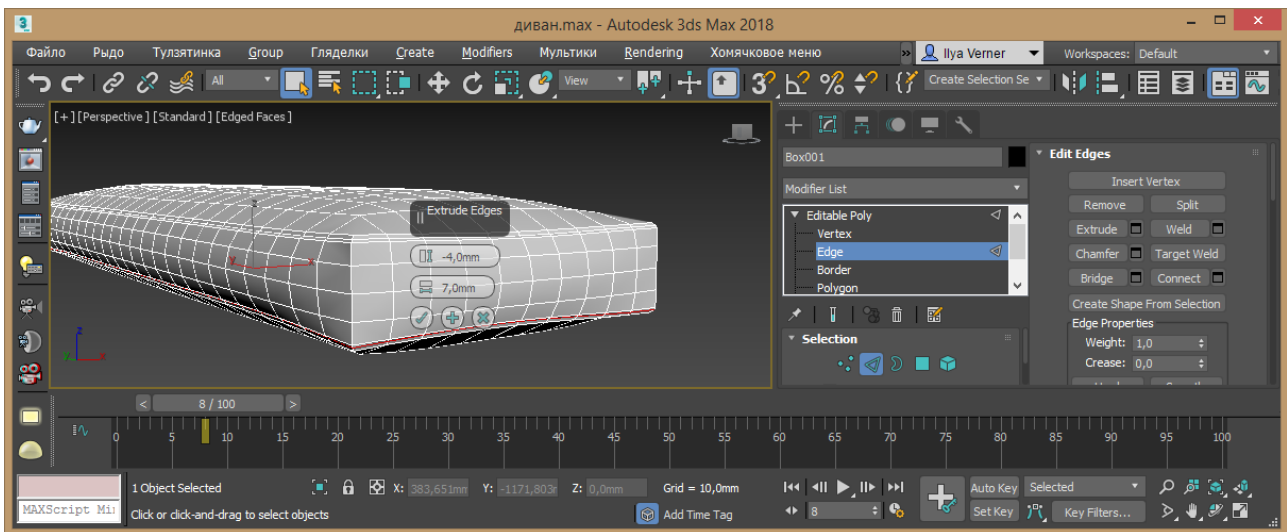


Рис.8. Створення виїмки

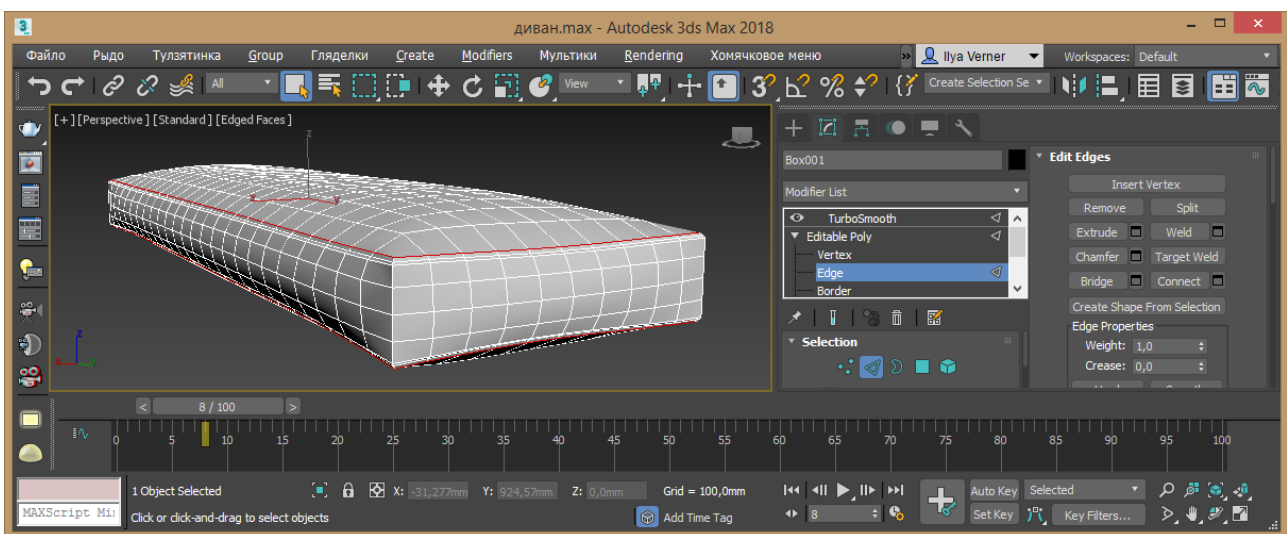


Рис.9. Налаштування після згладжування

Створіть паралелепіпед та відредагуйте його розміри за наступні параметри 666, 600, 150, 10, 10, 4 відповідно.



Надаймо отриманому об'єкту випуклою форми застосував модифікатор Cloth. Натисніть кнопку Object Property та встановіть об'єкту тип Cloth та надайте внутрішньому тиску Pressure параметр 1. Закрийте вікно параметрів об'єктів. На вкладці Simulation Parameters встановіть гравітаційну складову сили Gravity надавши значення 0. Натисніть кнопку Simulate, після прорахунку 100 кадрів встановіть показчик кадрів на 8 кадр та перетворіть об'єкт у полігональний командою контекстного меню Convert to Editable Poly.

Перейдіть у режим редагування ребер Edge, виділіть верхні бокові грані та надайте команду Extrude із параметрами -4, 7 мм відповідно. Потім застосуйте до нижніх.

Виділіть верхні та нижні бокові грані и застосуйте до них модифікатор згладжування TurboSmooth. Ще раз до цих ребер у режимі редагування ребер Edge застосуйте команду Extrude із параметрами 1, 11 мм.

Встановіть на нижній елемент та дублюйте за довжиною дивана 2 рази (рис.10).

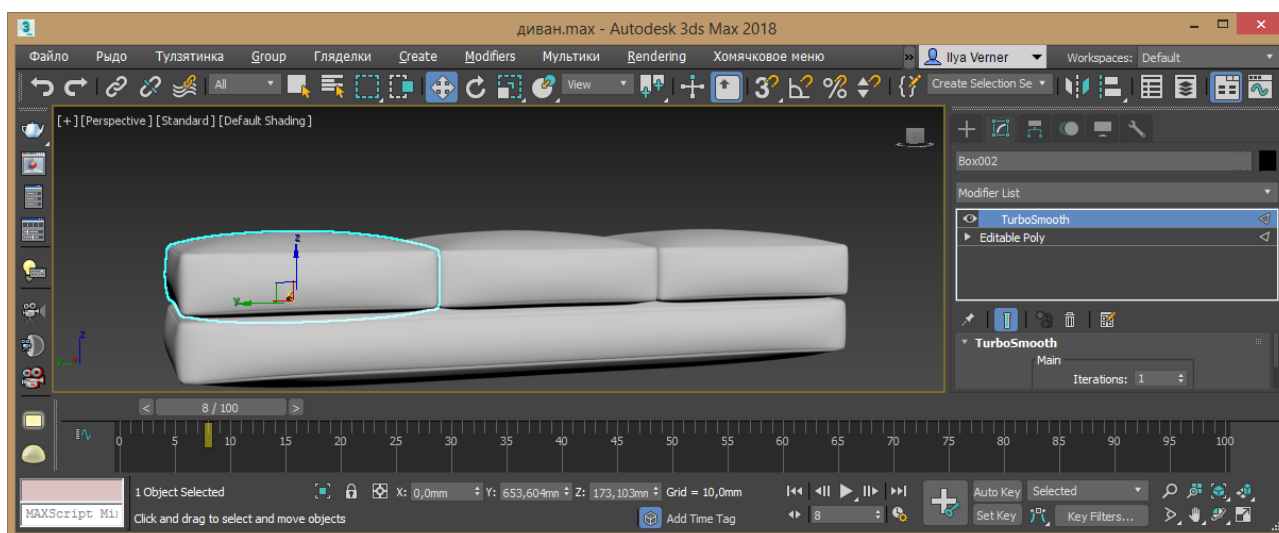
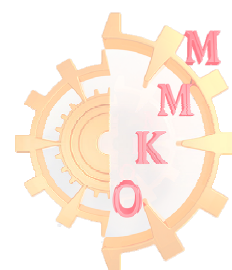


Рис.10. Створення макету дивану

Дублюйте нижній елемент та поверніть його на 90 градусів. Встановіть в якості задній стінки дивану. Перейдіть до режиму редагування ребер Edge та оберіть 2 кільцеві набори ребр на перетині подушок, та застосуйте команду Extrude із параметрами -4, 7 мм. У модифікаторі TurboSmooth якщо шви недостатні встановіть прапорець Smoothing Groups (рис.11).



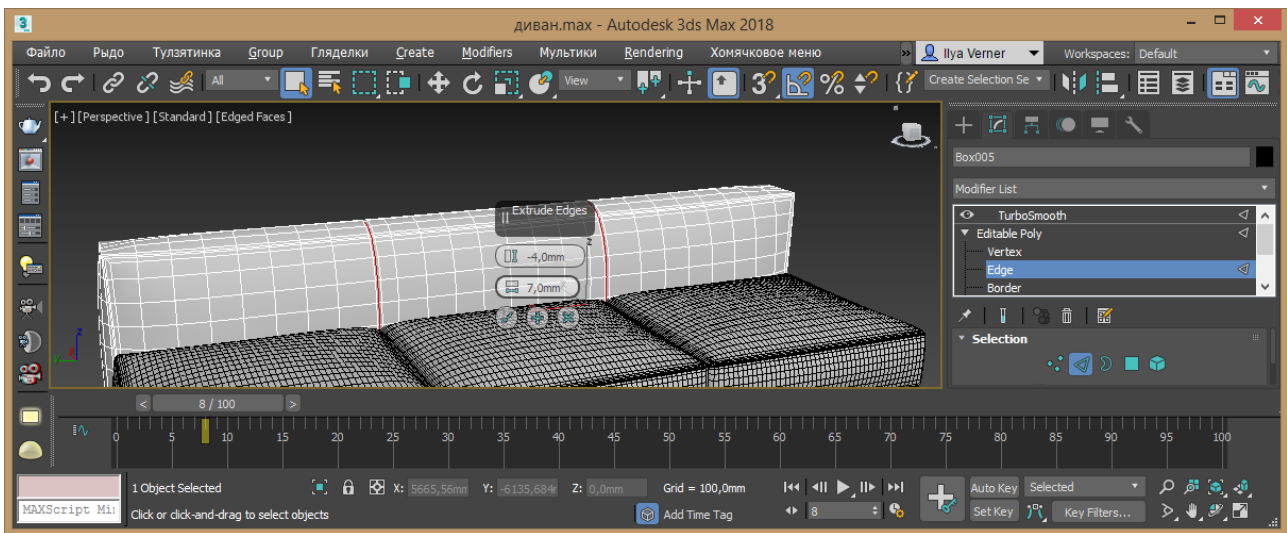


Рис.11. Надання дивану потрібної форми

Дублюйте подушку дивана та поверніть на 90 градусів. Встановіть її в якості боковою стінки дивана. За потреби скористуйтеся командою масштабування для надання потрібної форми. Дублюйте отриману бічну частину та встановіть з іншої сторони дивану. Згрупуйте все елементи надавши назву групи «диван» (рис.12, 13).

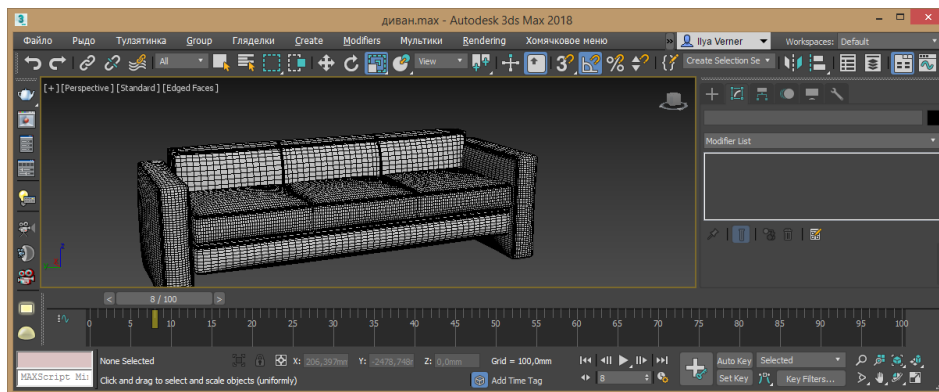


Рис.12. Додання бокових частин дивану

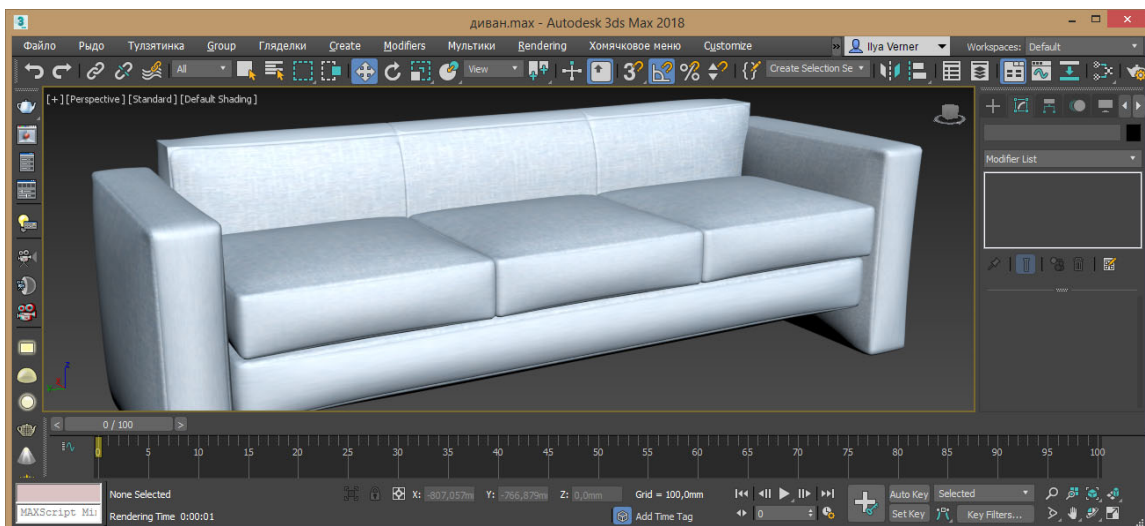
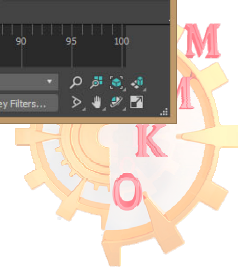


Рис.13. Приклад виконання роботи



Лабораторна робота 3

Взаємодія м'яких об'єктів під гравітаційними силами та тиском.

Мета роботи: *набути навичок застосування оператора Cloth для проектування взаємодії м'яких об'єктів та створення тиску всередині їх.*

Відкрийте сцену із другої лабораторної, що містить диван. Створіть паралелепіпед та відредагуйте його розміри задав наступні параметри 400, 400, 2, 30, 30, 10 відповідно. За усіма висями поверніть на 3 градуси. Надайте йому ім'я «подушка» (рис.14).

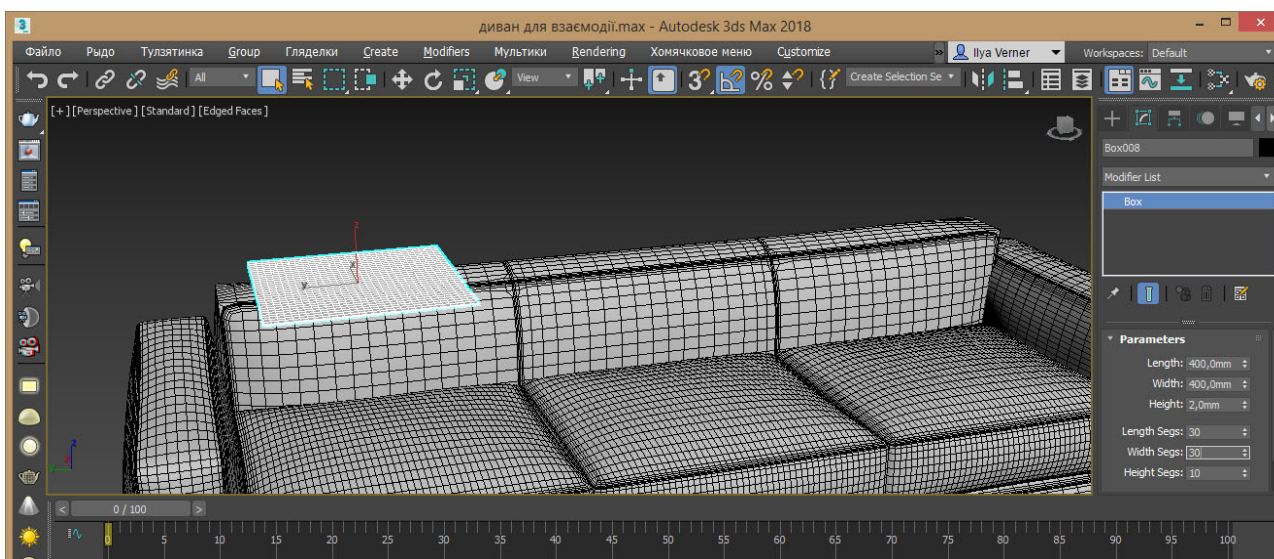
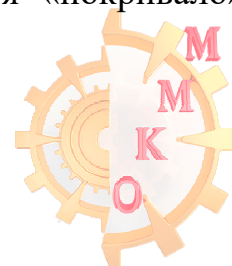


Рис.14. Створення площини

Додайте модифікатор Cloth та встановіть наступні параметри на вкладці Simulation Parameters: гравітаційна складова Gravity -980 ($9,8 \text{ м/с}^2$), Self Collision встановіть прапорець та надайте значення 1. Натисніть кнопку Object Property та для об'єкту «подушка» оберіть тип Cloth із бібліотеки матеріалів оберіть Cotton, та задайте значення внутрішнього тиску Pressure 40. Натисніть кнопку Add Object та виберіть усі елементи дивану. Надайте їм тип Collision Object, тобто нерухомі об'єкти взаємодії. Натисніть кнопку ОК. Запустіть розрахунок симуляції натиснувши кнопку Simulate (рис.15).

Зробіть декілька копій подушки, налаштуйте симуляцію і запустіть для кожної окремо. Якщо анімація не потрібна оберіть кадр у якому топологія поверхні подушки відповідає потребам та у ньому перетворіть подушку у полігональний об'єкт командою контекстного меню Convert to Editable Poly (рис.16).

Створіть площину Plane із параметрами 2200x1600 мм, сегментів 70x70. Встановіть площину над диваном по центру та надайте ім'я «покривало» (рис.17).



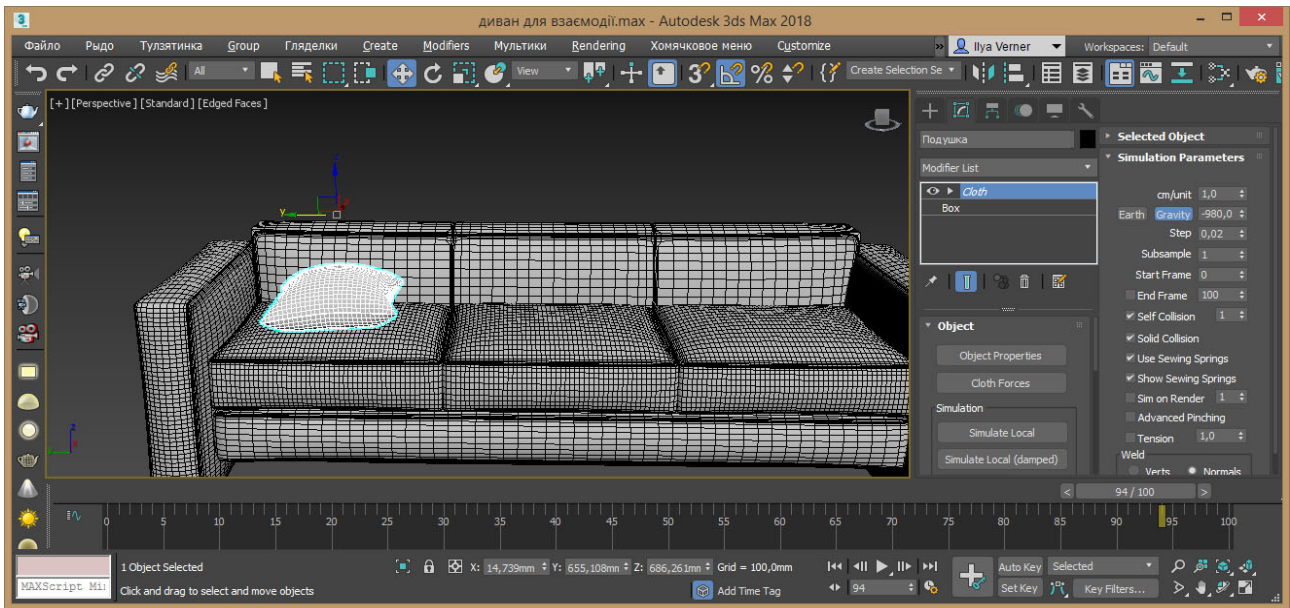


Рис.15. Праця модуля симуляції

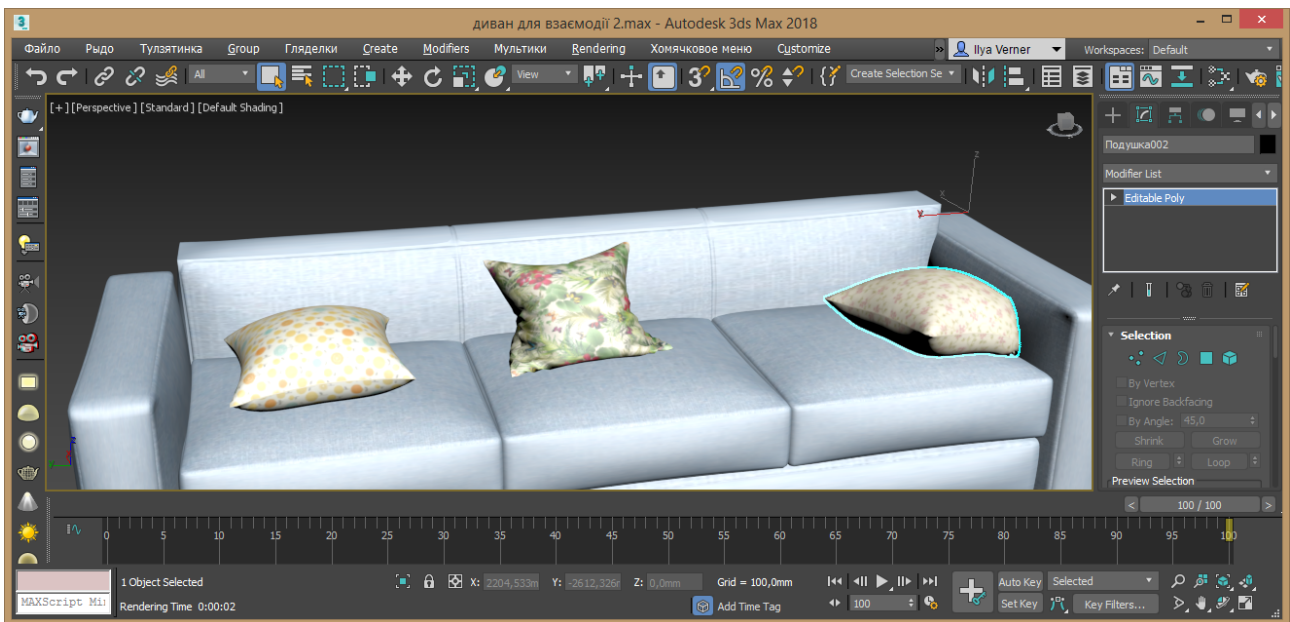


Рис.16. Додавання інших симуляції подушок

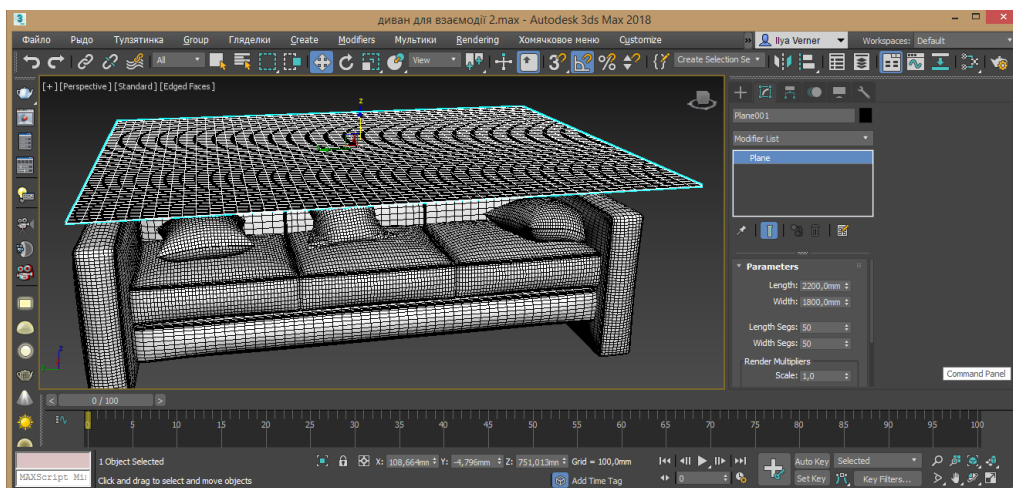
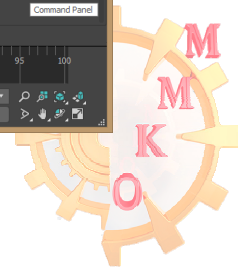


Рис.17. Створення площини для покривала



До покривала надайте модифікатор Cloth та встановіть наступні параметри на вкладці Simulation Parameters: гравітаційна складова Gravity -980 ($9,8 \text{ м/с}^2$), Self Collision встановіть прапорець та надайте значення $1, \text{ cm/unit}$. Натисніть кнопку Object Property та для об'єкту «покривало» оберіть тип Cloth із бібліотеки матеріалів оберіть Silk. Натисніть кнопку Add Object та виберіть усі елементи дивану. Надайте їм тип Collision Object, тобто нерухомі об'єкти взаємодії. Натисніть кнопку ОК. Поверніть покривало на 15 градуси за усіма висями. Запустіть розрахунок симуляції натиснувши кнопку Simulate (рис.18, 19).

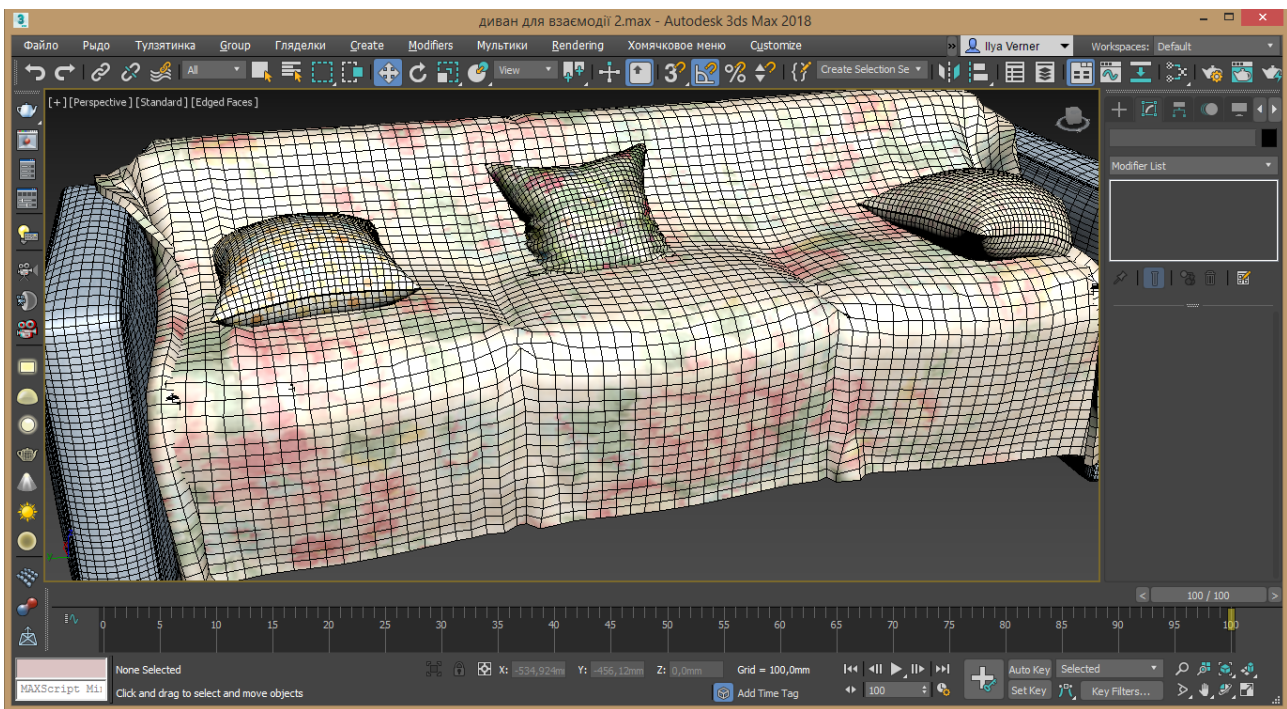


Рис.18. Приклад роботи модуля симуляції

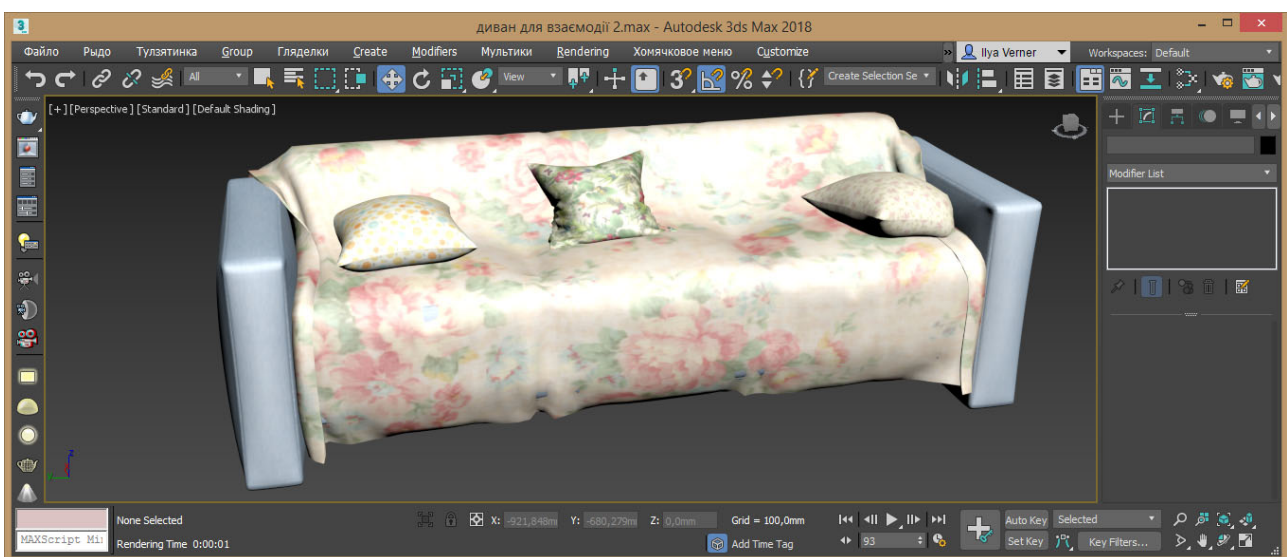


Рис.19. Приклад виконання роботи



Лабораторна робота 4

Взаємодія м'яких об'єктів під направленними силами та гравітацією

Мета роботи: *набути навички створення груп додавання сил до тканини при проектуванні взаємодії м'якого та твердого об'єктів при використанні модифікатора Cloth.*

Встановити в якості одиниць виміру міліметри, скориставшись пунктом меню Customize - Unit Setup.

Перейдіть у видовий екран Front. Створіть площину та відредагуйте її розміри задав наступні параметри 2000, 1500, 90, 60 відповідно (рис.20).

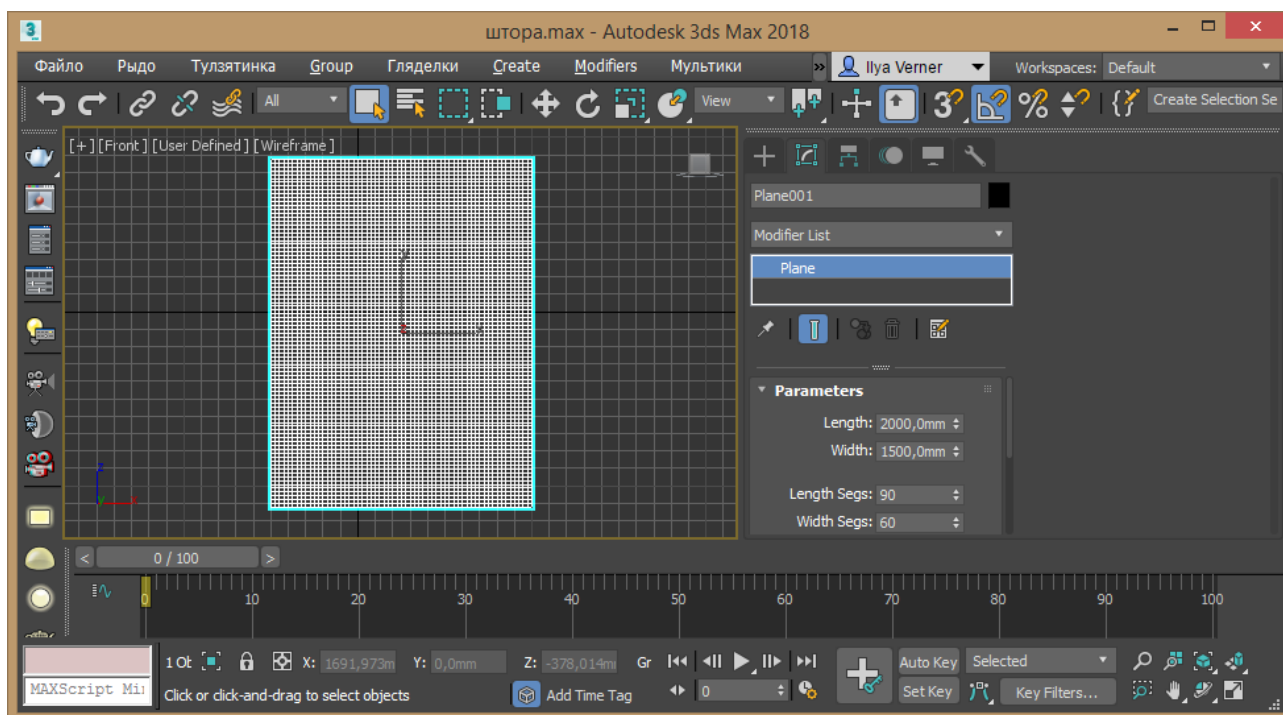


Рис.20. Створення площини

Дублюйте площину за віссю Y та надайте наступні параметри 100, 1600, 1, 60. Встановіть на невелику відстань над нижньої площиною. До нижньої додайте модифікатор HSDS (Hierarchical SubDivision Surfaces) перейдіть до його режиму редагування ребер Edge та виділіть верхні прямокутним виділенням. Натисніть кнопку ділення Subdivide поділивши виділені частини (рис.21).

Перетворіть нижню площину у полігональний об'єкт застосувавши команду контекстного меню Convert to Editable Poly. Додайте до нижньої площини модифікатор Cloth. У модифікаторі Cloth ввімкніть режим Group, виділіть верхні сегменти на площині прямокутним виділенням відступивши декілька полігонів згори. Із зажатою клавішею Alt зробіть інтервали у виділенні за довжиною (рис.22).



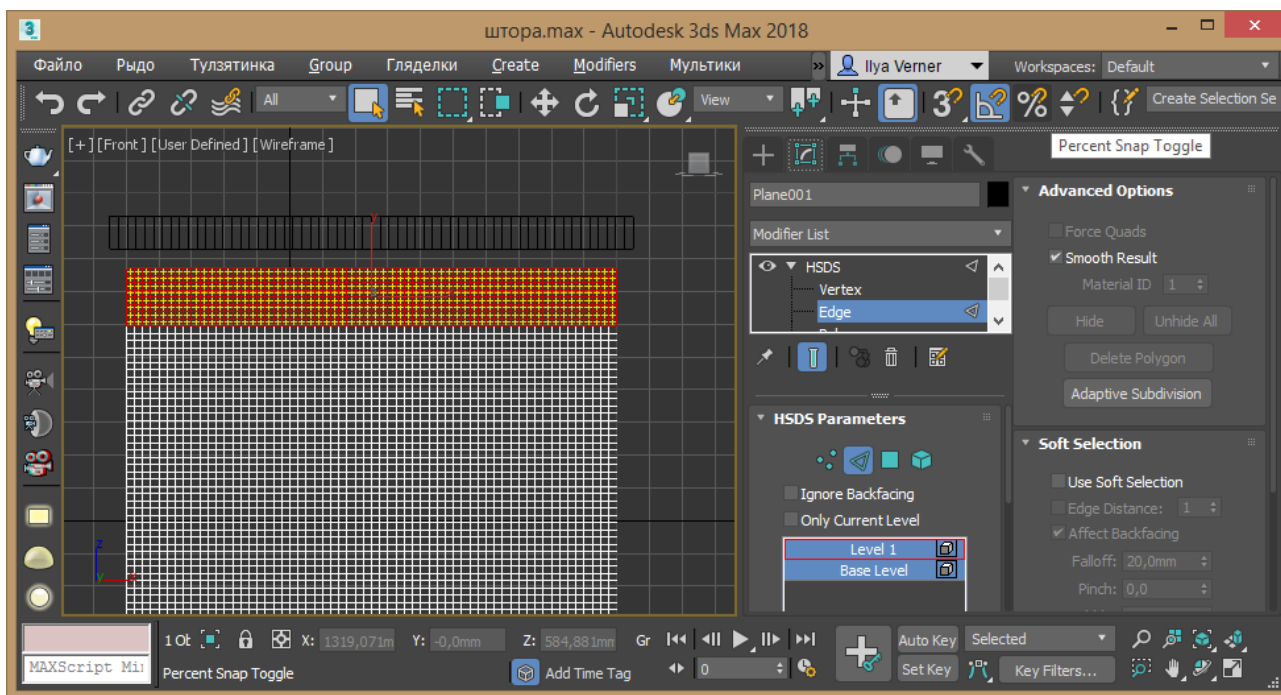


Рис.21. Налаштування елементів взаємодії

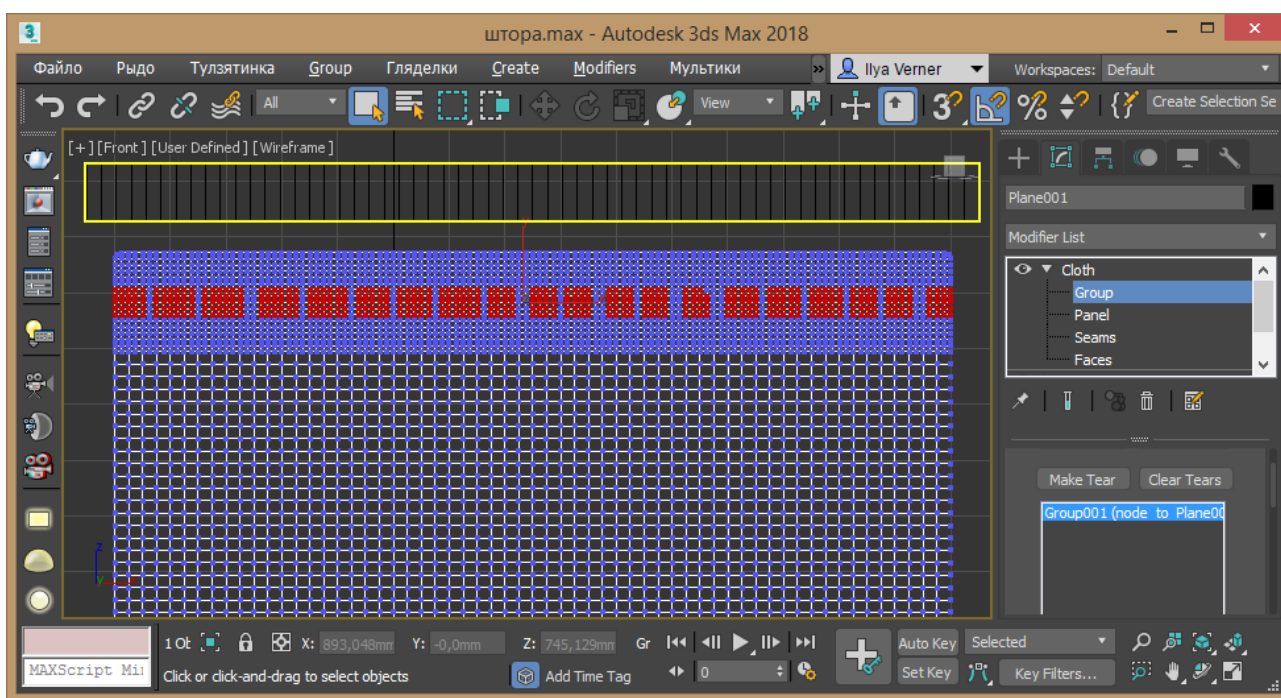


Рис.22. Налаштування елементів взаємодії

Натисніть кнопку Make Group, таким чином ми створили елементи до яких буде приложена сила. Натисніть кнопку Node та оберіть верхню площину, таким чином прив'язавши зміни верхнього елемента та його вплив на виділені групи. Вийдіть із режиму Group та на вкладці Simulation Parameters встановіть прапорець Self Collision у значення 1, cm/unit 1,0. Натисніть кнопку Object Property та надайте тип Cloth. Із бібліотеки матеріалів оберіть Silk. Закрийте вікно властивостей об'єктів взаємодії.



На часовій шкалі активуйте кнопку Auto Key, перейдіть у кадр 50, оберіть верхню площину та командою масштабування за віссю X зменшить масштаб до 60%. Відключіть кнопку Auto Key. Перейдіть до кадру 1. Оберіть нижню площину та в модифікаторі Cloth запустіть розрахунки натиснувши кнопку Simulate (рис.23).

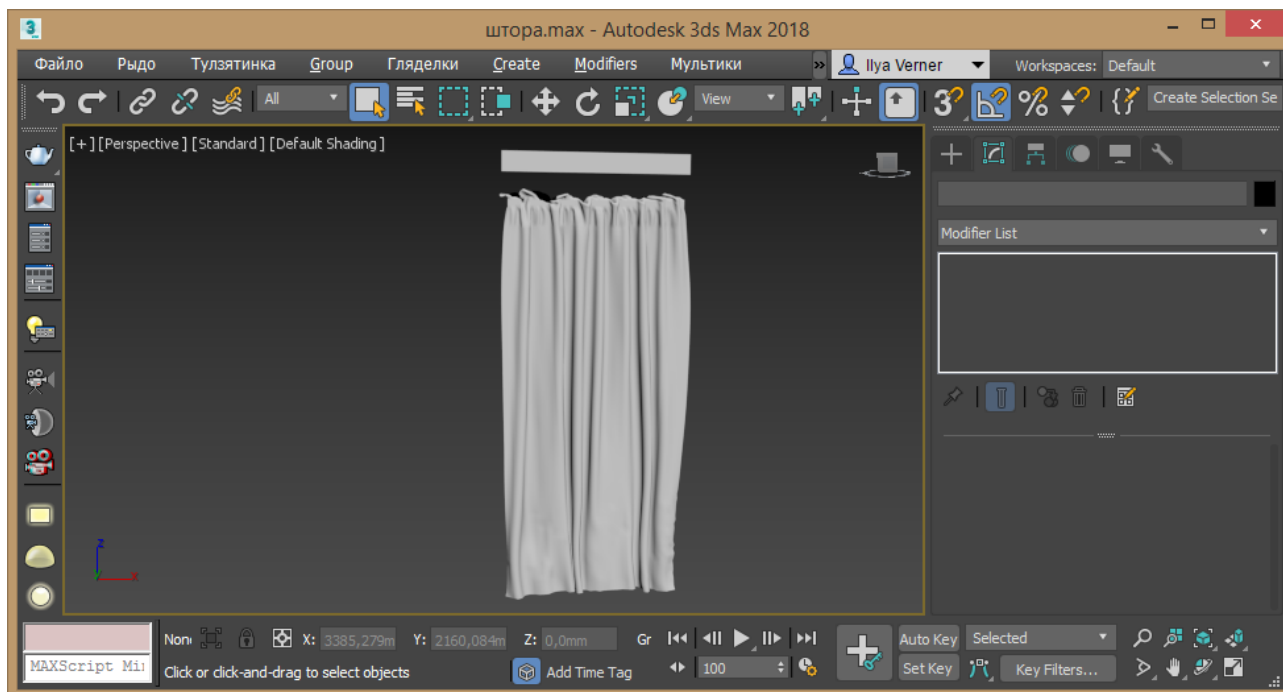
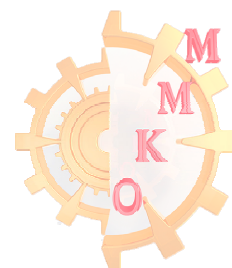


Рис.23. Приклад роботи симуляції

Дублюйте за віссю X отриману на 100-му кадрі штору із залежністю Instance, потім перетворіть у полігональний об'єкт.

Створіть дві площини за довжиною подібні довжині штори, надайте їм кількість сегментів за довжиною 10. Першу встановіть над шторою, другу приблизно на середині (рис.24). Перейдіть до ключового кадру 50, активуйте кнопку Auto Key. Перейдіть до видового екрану Front та зменшить масштаб за віссю X другою площини приблизно на 50%, встановіть її до бокової частини штори. Відключіть кнопку Auto Key. Перейдіть до кадру 1 (рис.25).

Додайте до штори модифікатор Cloth. Перейдіть у режим Group модифікатора Cloth, оберіть верхню горизонтальну частину полігонів. Натисніть кнопку Make Group. Натисніть кнопку Node та оберіть верхню рейку (площину). Оберіть регіони за довжиною штори на рівні другою рейки, натисніть кнопку Node та оберіть нижню рейку. Вийдіть із режиму Group та на вкладці Simulation Parameters встановіть прапорець Self Collision у значення 1, cm/unit 1,0. Натисніть кнопку Object Property та надайте тип Cloth. Із бібліотеки матеріалів оберіть Silk. Закрийте вікно властивостей об'єктів взаємодії. Запустіть розрахунки натиснувши кнопку Simulate (рис.26).



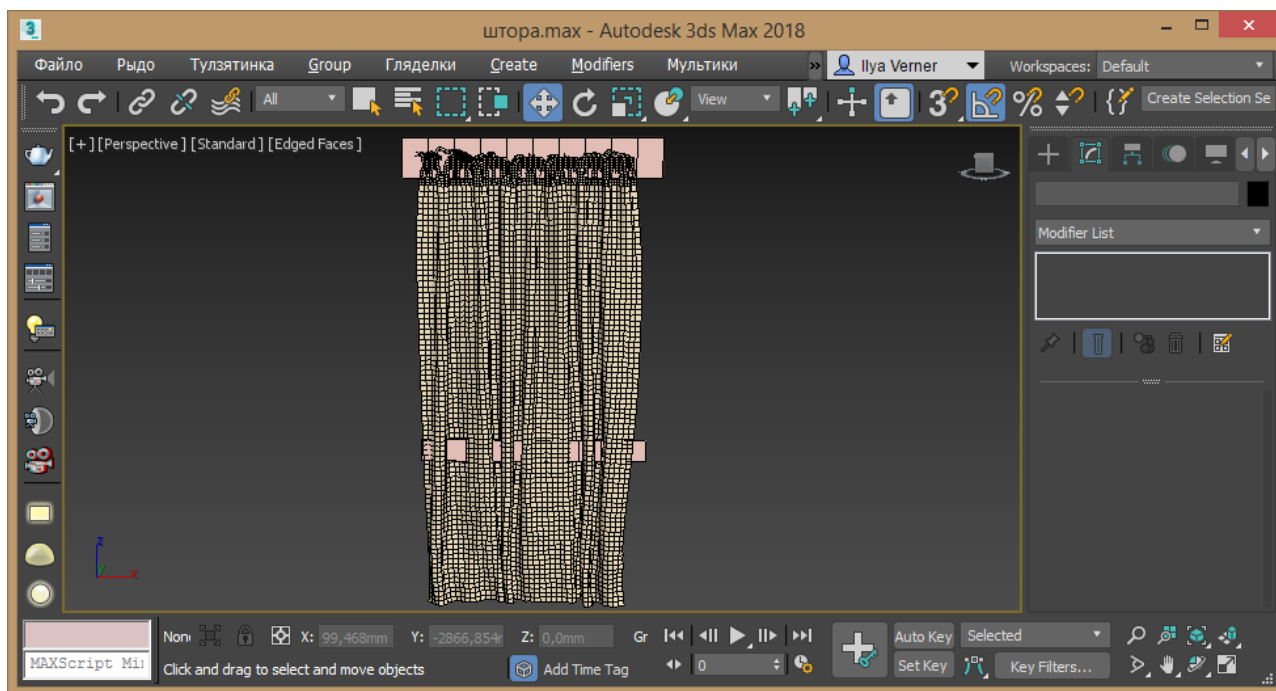


Рис.24. Встановлення керуючих елементів

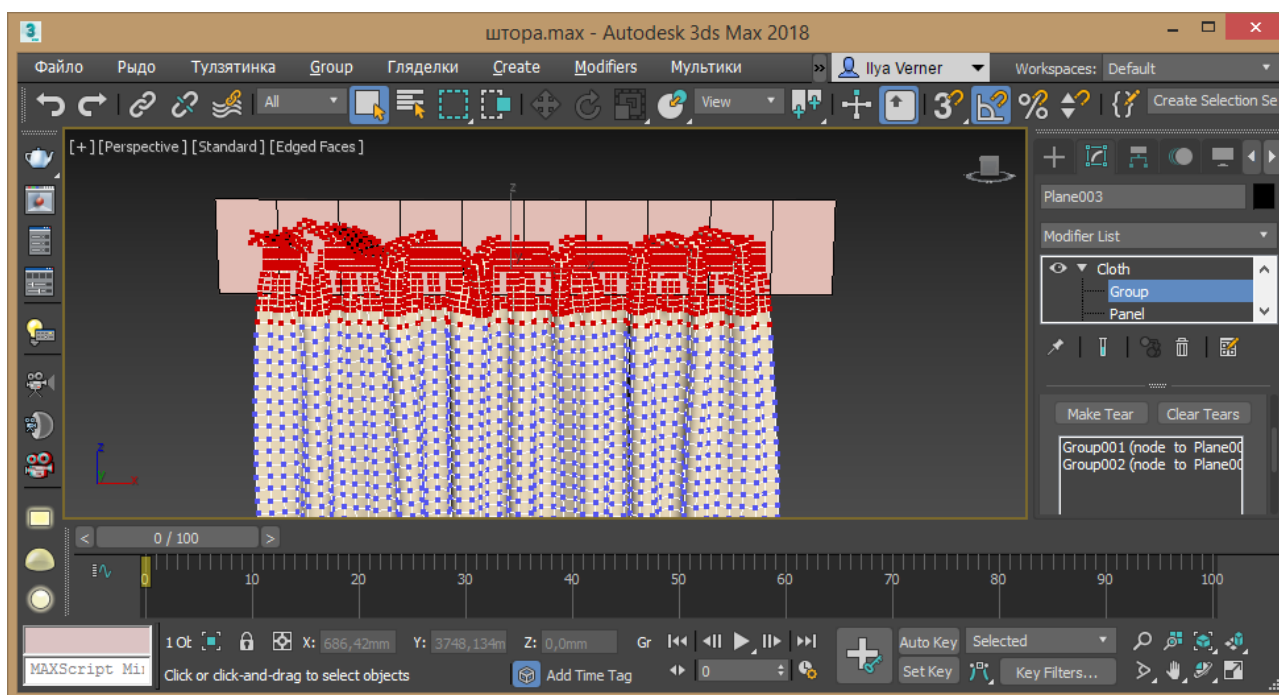
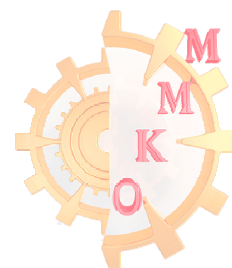


Рис.25. Налаштування груп



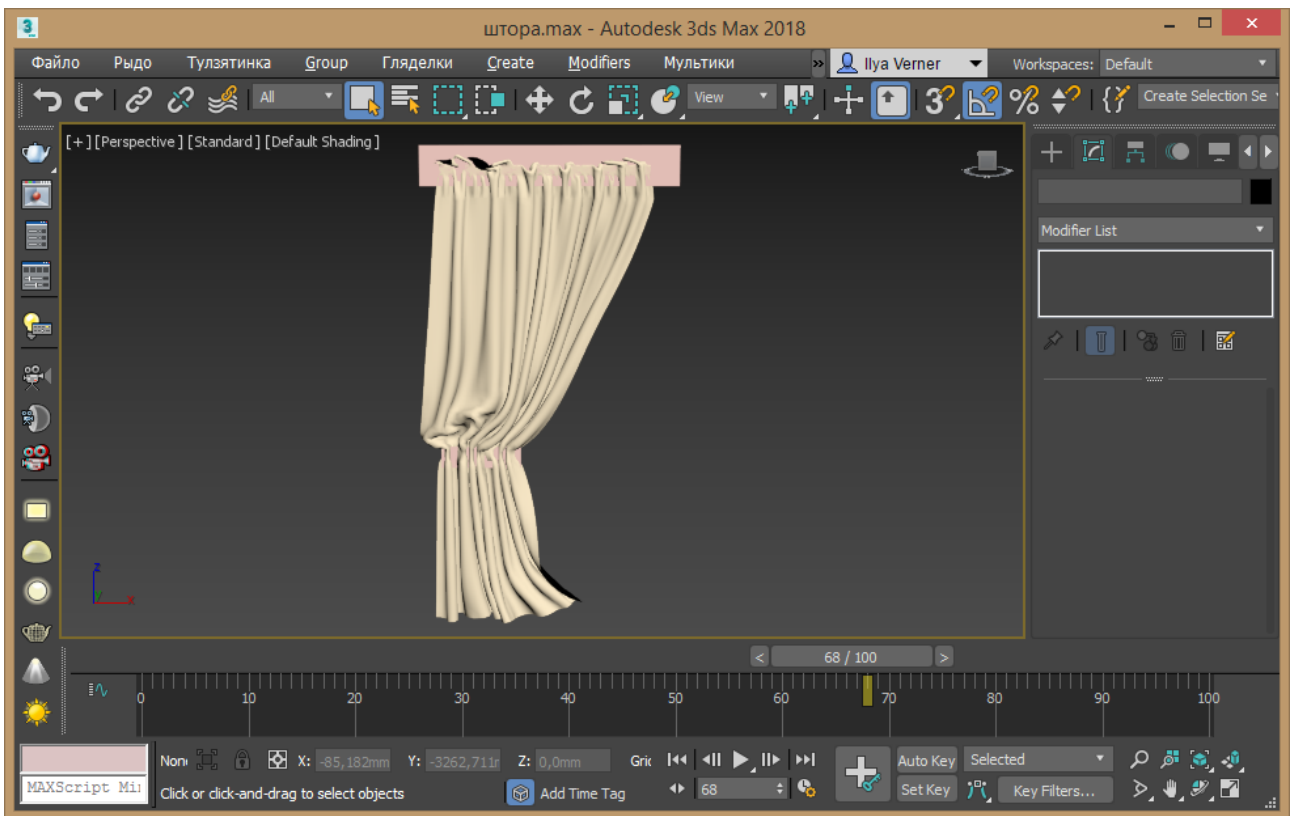


Рис.26. Приклад виконання симуляції

Оберіть на шкалі часу потрібний варіант та дублюйте із залежністю Instance штору, перетворіть у полігональний об'єкт. Дублюйте декілька варіантів та відобразіть дзеркально їх (рис. 27).

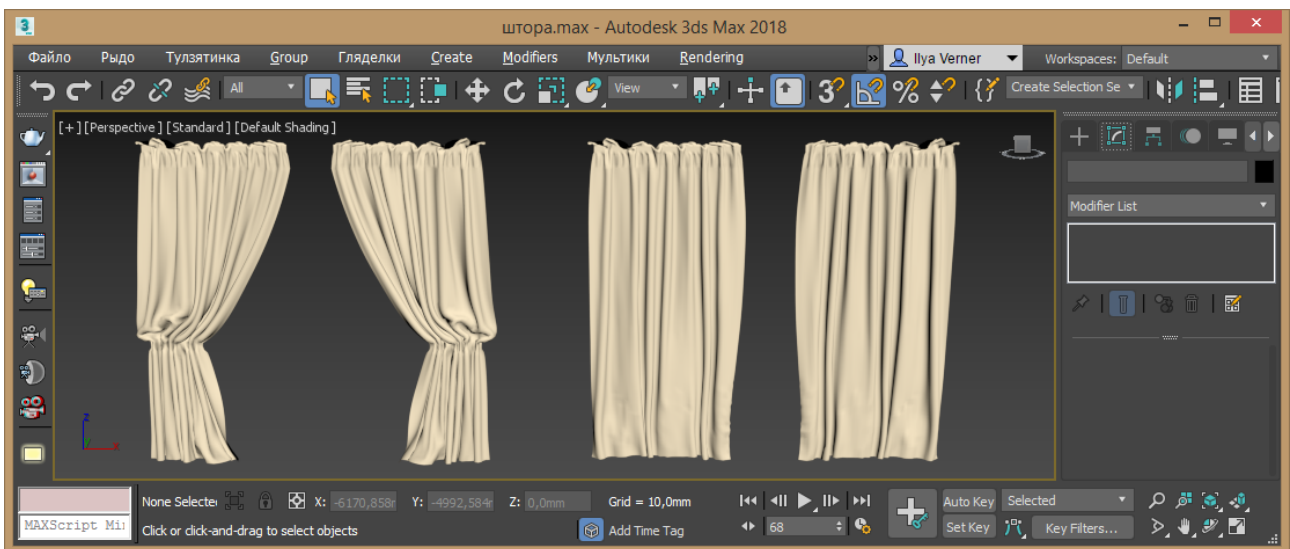
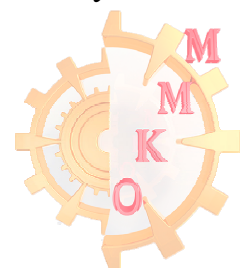


Рис.27. Дублювання елементів

За потреби надайте шторам модифікатор Lattice та налаштуйте для отримання оптимальної мережної структури прозорості (рис.28).



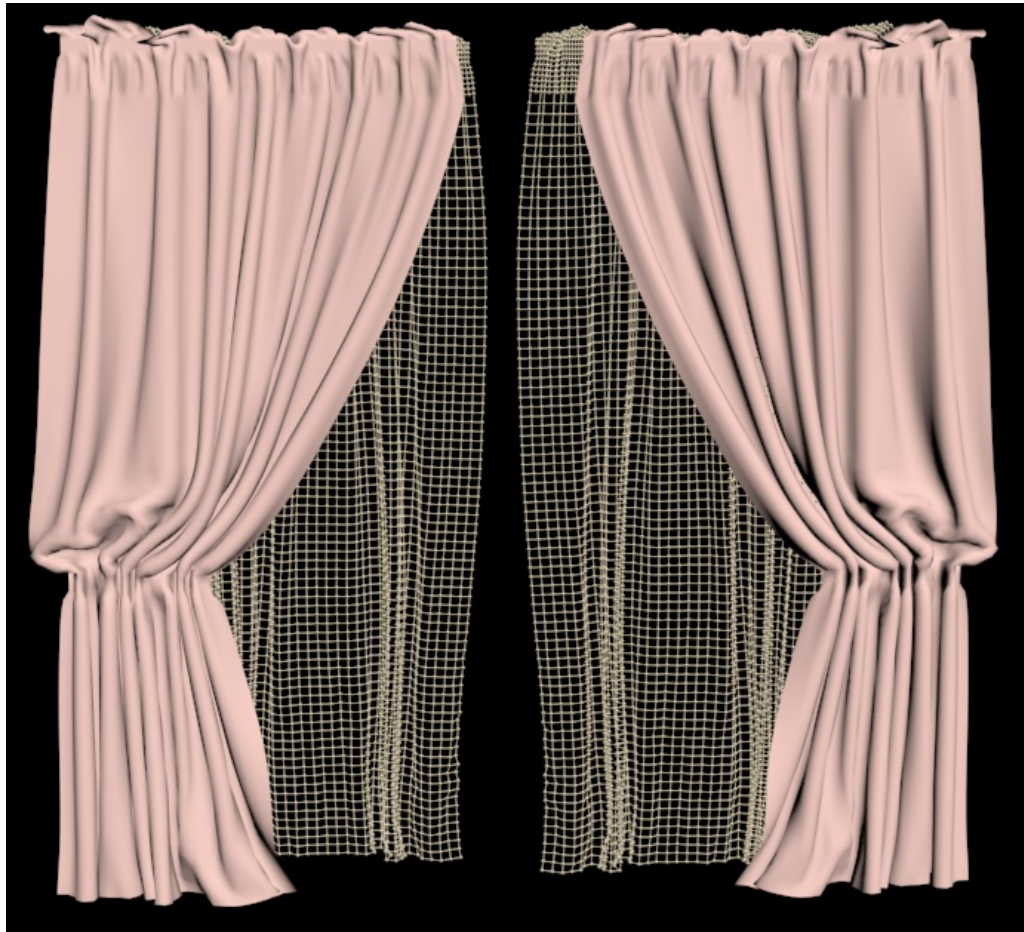
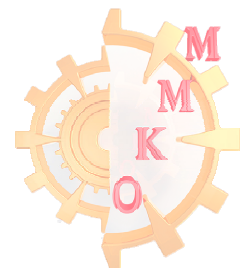


Рис.28. Приклад виконання роботи



Лабораторна робота 5 Взаємодія елементів редуктора. Моделювання елементів

Мета роботи: створити концептуальну модель циліндричного редуктора і зв'язки одночасного руху зубчастих коліс під час їх анімації. Встановити кінематичні зв'язки коробково-гонкової частини редуктора.

Частина 1 – моделювання елементів редуктора

Встановити в якості одиниць виміру міліметри, скориставшись пунктом меню Custamize - Unit Setup.

Створення зубчастих коліс. Перейдіть у видовий екран Front. Створіть Tube та надайте йому наступних параметрів 60, 20, 20, 1, 1, 18 (рис.29). Надайте модифікатор Edit Poly, перейдіть у режим редагування граней Polygon о виділіть усі бокові. Надайте команду Bevel у режимі By Polygon із параметрами 20, -6 мм відповідно (рис.30).

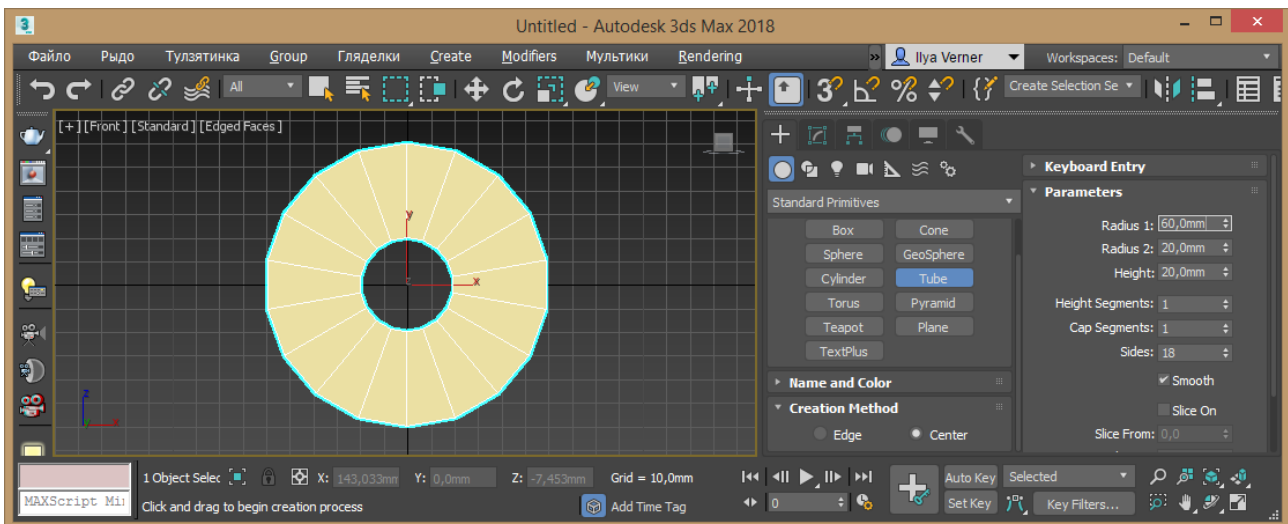


Рис.29. Заготовка для колеса

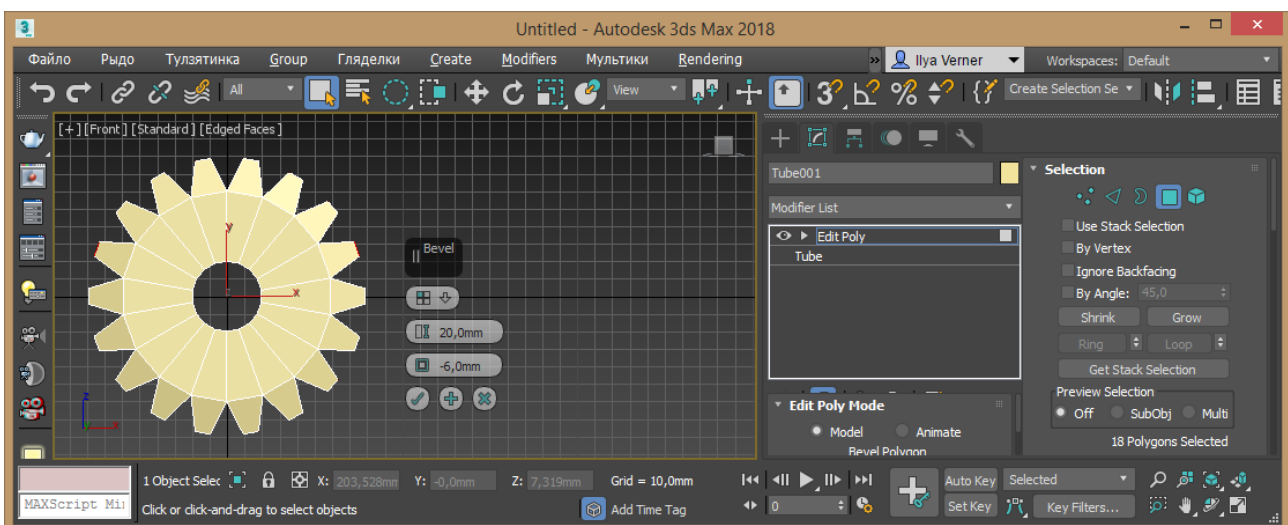


Рис.30. Налаштування форми колеса



Виділіть на передній та задній частині внутрішні грані та скористайтесь командою Insert на 6 мм. Скористуйтеся командою Extrude із параметрами -6 мм створивши заглиблення. Надайте елементу ім'я колесо 1 (рис.31).

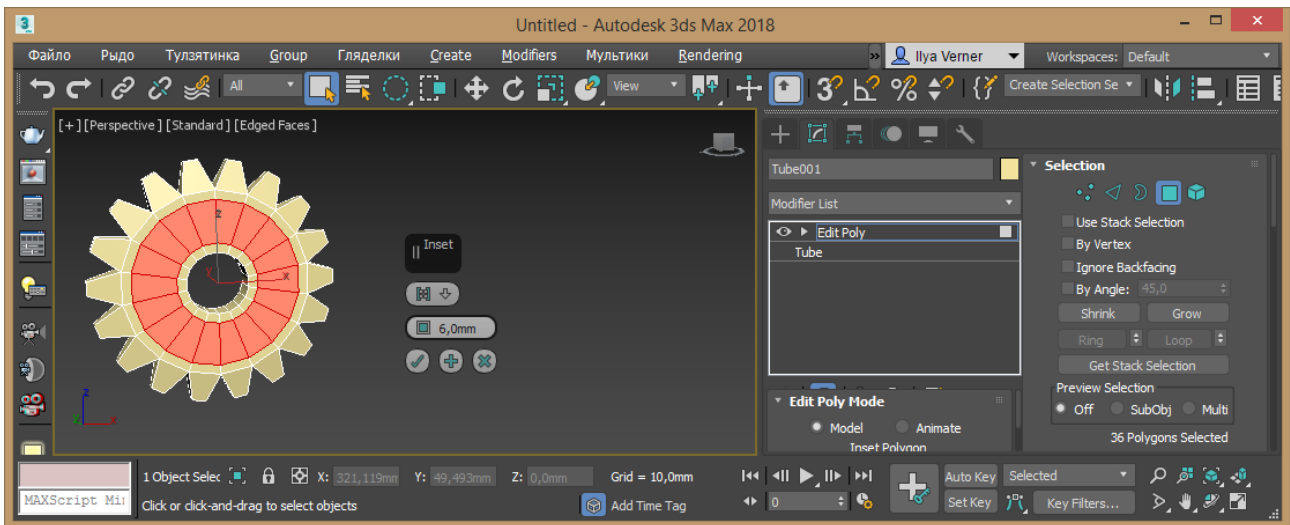


Рис.31. Налаштування додаткової форми колеса

Створіть Tube та надайте йому наступних параметрів 120, 20, 20, 1, 1, 36. Надайте модифікатор Edit Poly, перейдіть у режим редагування граней Polygon о виділіть усі бокові. Надайте команду Bevel у режимі By Polygon із параметрами 20, -6 мм відповідно. Надайте модифікатор Edit Poly, перейдіть у режим редагування граней Polygon о виділіть усі бокові. Надайте команду Bevel у режимі By Polygon із параметрами 20, -6 мм відповідно.

Виділіть на передній та задній частині внутрішні грані та скористайтесь командою Insert на 12 мм. Скористуйтеся командою Extrude із параметрами -6 мм створивши заглиблення. Надайте елементу ім'я колесо 2 (рис.32).

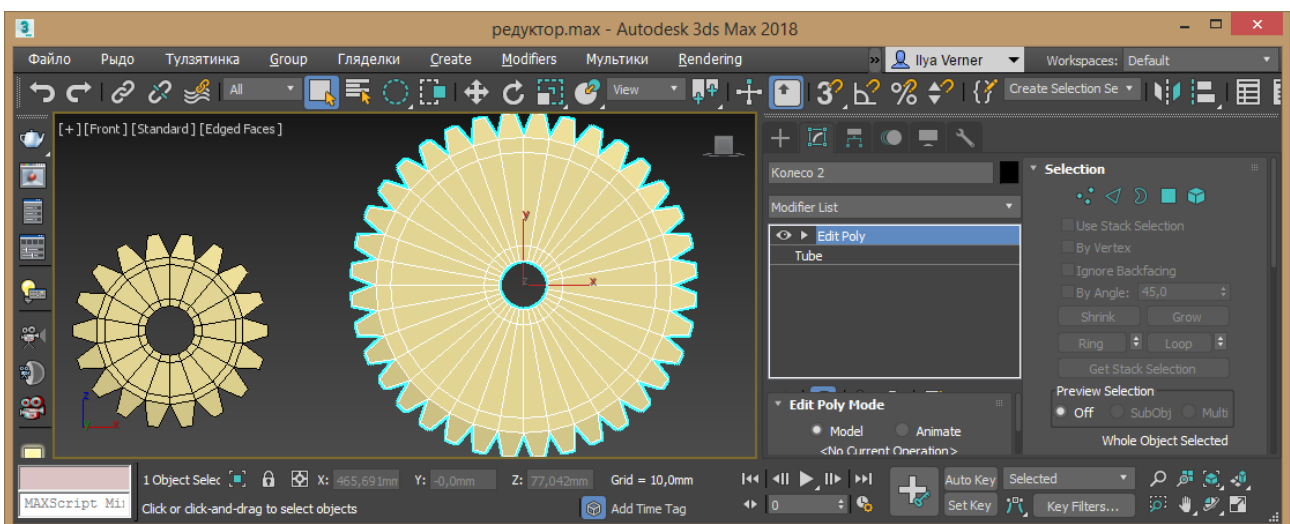


Рис.32. Створення другого колеса

Створіть дві висі Cylinder радіусом 20 мм та діною 200 мм і встановіть у



отвори зубчастих коліс із допомогою прив'язки Pivot. Виділіть одну пару вісь та колесо і за допомогою прив'язки Pivot вирівняйте вісі за горизонталлю (рис. 33).

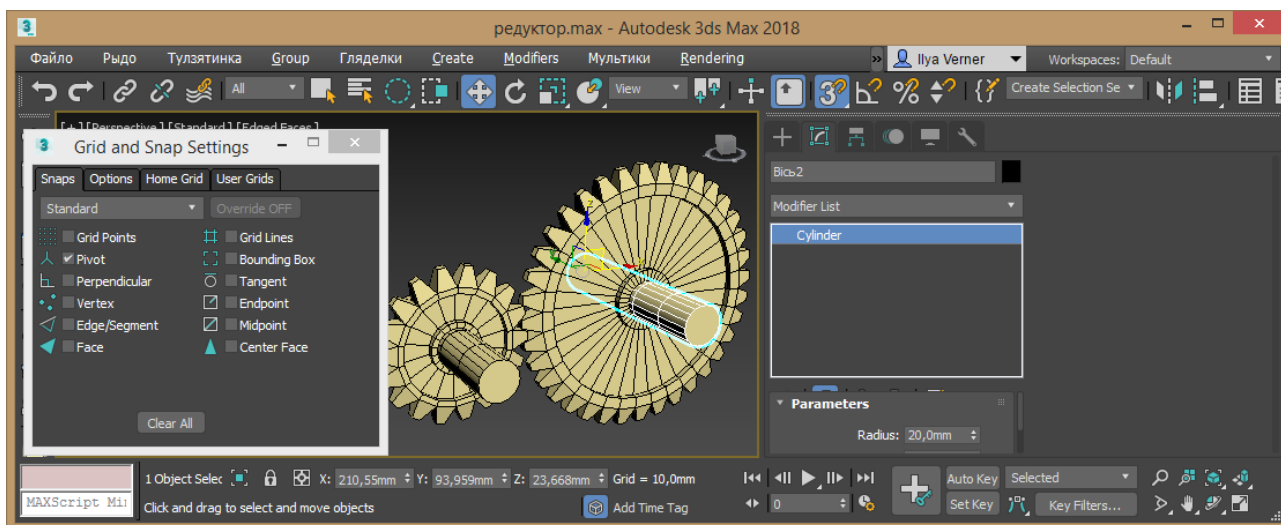


Рис.33. Встановлення вісей

Створіть контур для корпусу із прямокутника та двох кіл, перетворіть його до Editable Spline, встановіть кола на місця вісей (рис. 34). Додайте до сплайна командою Attach кола, та видаліть їх із прямокутника створивши проїми для вісей командою Boolean Substraction. Створіть нижню чверть корпусу користуючись модифікаторами Shell та Edit Poly (рис. 35).

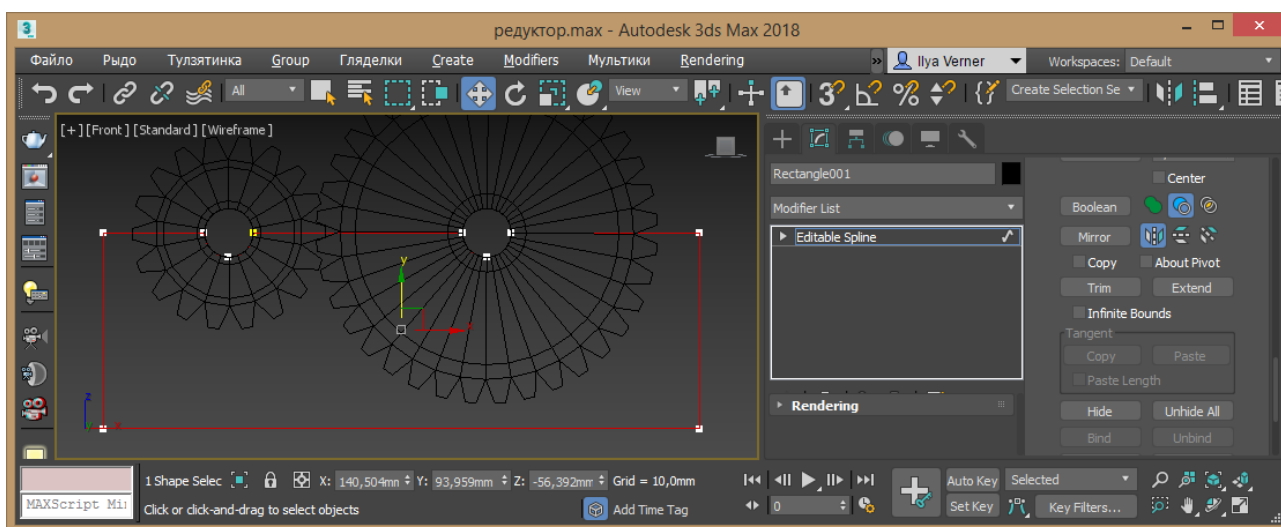
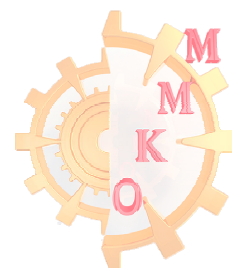


Рис.34. Створення контуру корпусу



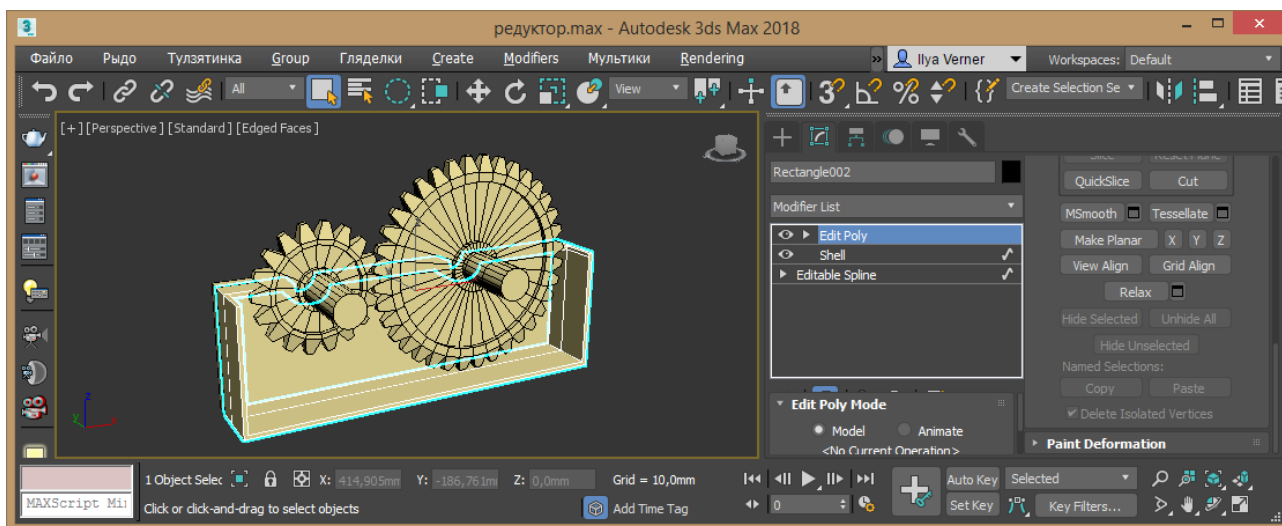


Рис.35. Створення корпусу

Створення коробково-гонкового механізму. Створіть Tube та надайте йому наступних параметрів: 60, 80, 330, 1, 1, 18. Встановіть прапорець Slice on та надайте параметри 90,-90 градусів відповідно.

Створіть циліндр та надайте йому наступні параметри: 60, 100, 1, 1, 18. Встановіть всередину Tube із допомогою вирівнювання за центрами об'єктів. Дублюйте циліндр та змініть параметри на 10, 200, 1, 1, 18. Встановіть до попереднього (рис. 36).

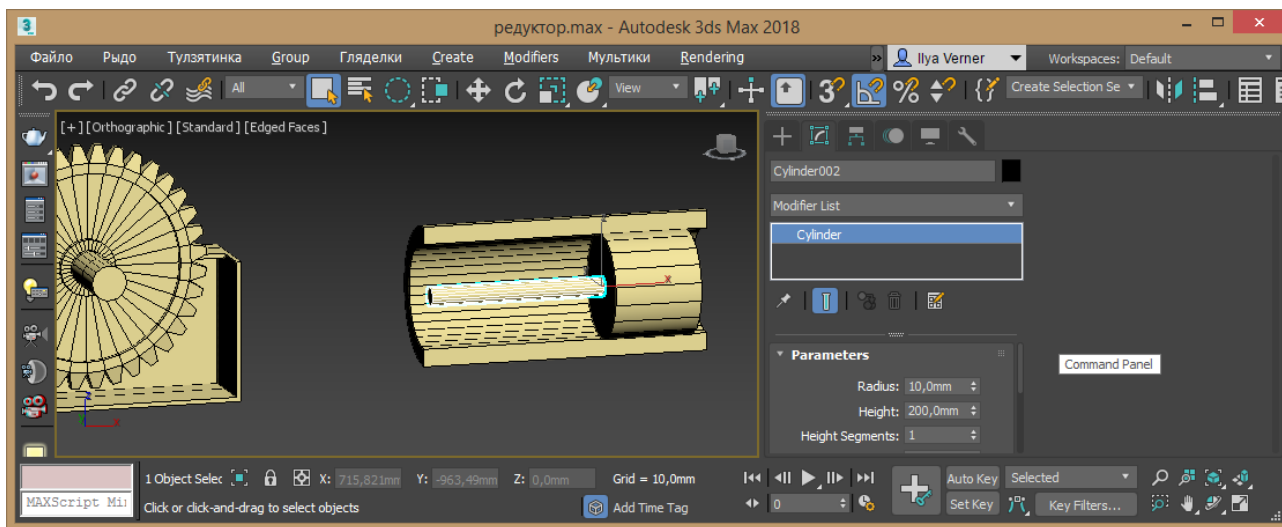
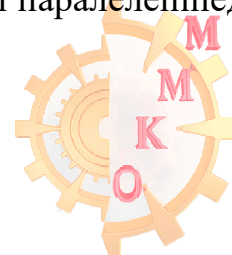


Рис.36. Створення елементів механізму

Створіть на кінцівці вісі 2 куб із стороною 20 мм. Перетворіть в полігональний об'єкт командою контекстного меню Convert to Editable Poly. У режимі редагування граней Polygon на верхню грань застосуйте команду Insert 5 мм, потім Extrude на 90 мм, потім на 10 мм. Оберіть бокову грань та надайте команду Extrude на 40 мм, потім на 10 мм. Додайте об'єднуючий паралелепіпед та встановіть у потрібне місце (рис. 37).



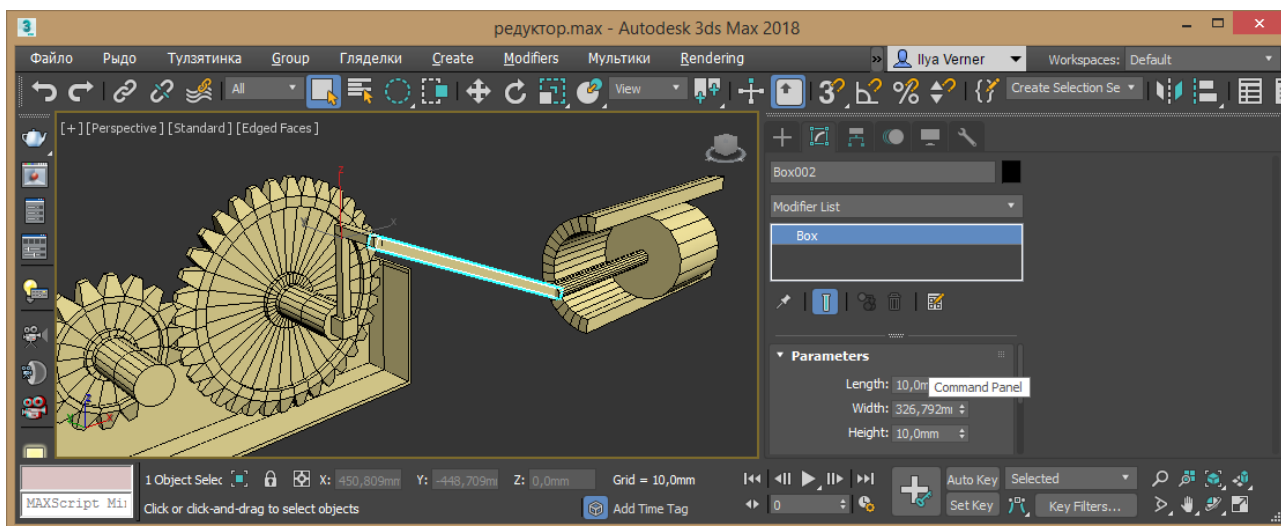


Рис.37. Створення елементів механізму

Частина 2 – моделювання взаємодії елементів

Взаємодія вісі 1 та колеса 1. Оберіть вісь 1, із контекстного меню оберіть пункт Wire parameters – Rotation – Y Rotation. Вкажіть на колесо 1, та також оберіть пункт Wire parameters – Rotation – Y Rotation. У вікні налаштувань взаємодії натисніть нижню стрілку над кнопкою control direction. Натисніть кнопку Connect. Таким чином ми створимо прямий зв'язок між обертом вісі 1 та колеса 1. Перевірте чи обертається колесо при оберті вісі. Якщо ні, то редагуйте вісі взаємодії до отримання потрібного результату (рис. 38).

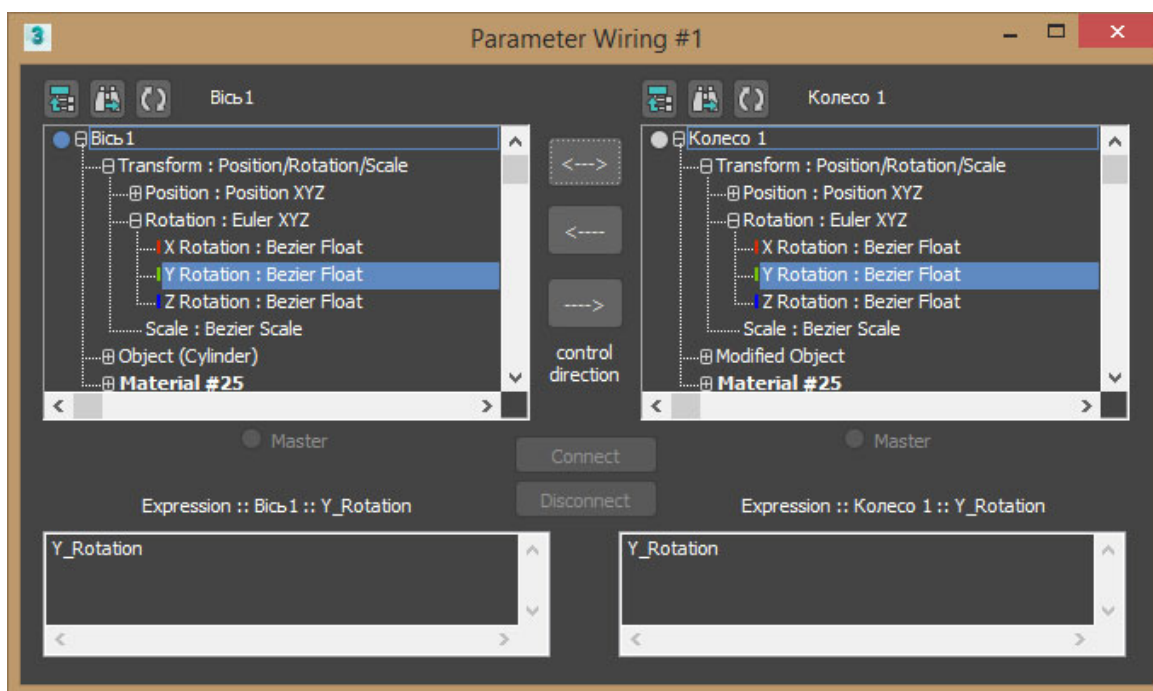
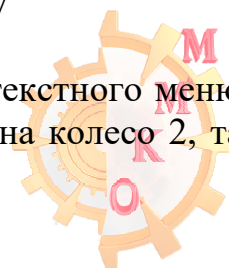


Рис.38. Налаштування параметрів взаємодії оберт

Взаємодія колеса 1 та колеса 2. Оберіть колесо 1 та із контекстного меню оберіть пункт Wire parameters – Rotation – Y Rotation. Вкажіть на колесо 2, та



також оберіть пункт Wire parameters – Rotation – Y Rotation. У вікні налаштувань взаємодії натисніть нижню стрілку над кнопкою control direction.

У правому полі до параметра Y_Rotation додаємо вираз $-0.5*$, тобто знак мінус потрібен щоб інше колесо оберталось у зворотному напрямку. Множимо на 0.5 оскільки інше колесо у двічі більше за перше, тому має обертатись у двічі повільніше (рис.39). Натисніть кнопку Connect (або Update).

Обертаємо першу вісь для перевірки.

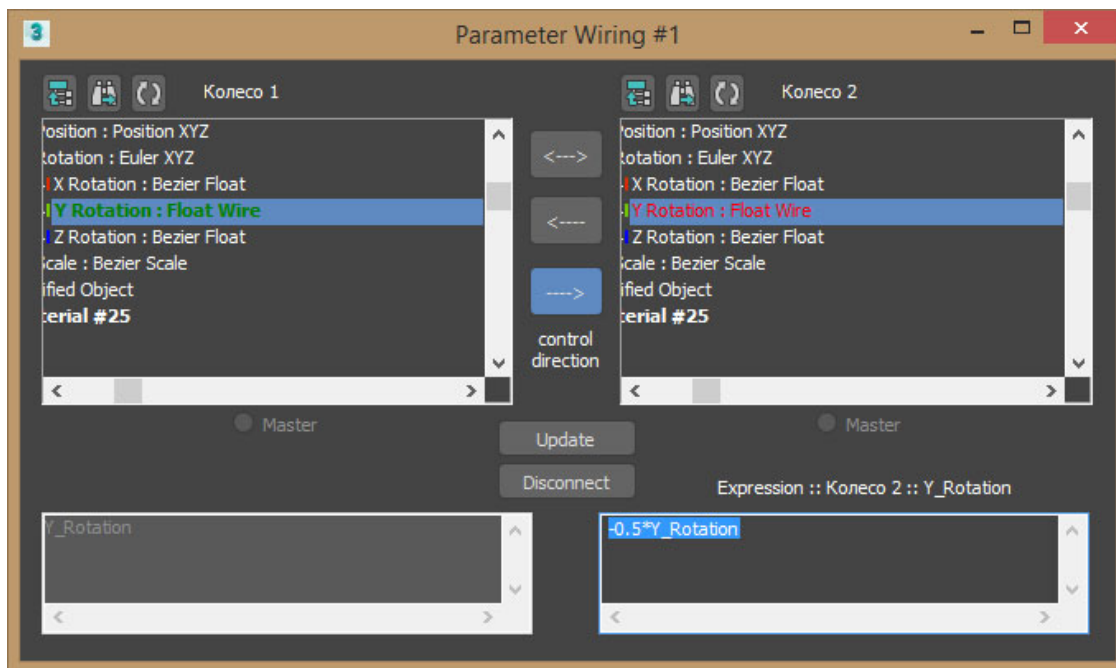


Рис.39. Налаштування параметрів взаємодії обертю

Створимо зв'язок між колесом 2 та віссю 2. Потім зв'язок між віссю 2 та елементом створеним із паралелепіпеду. Перевіримо, усі елементи редуктора при оберті вісі 1 потрібні рухатися у наданих напрямках (рис.40).

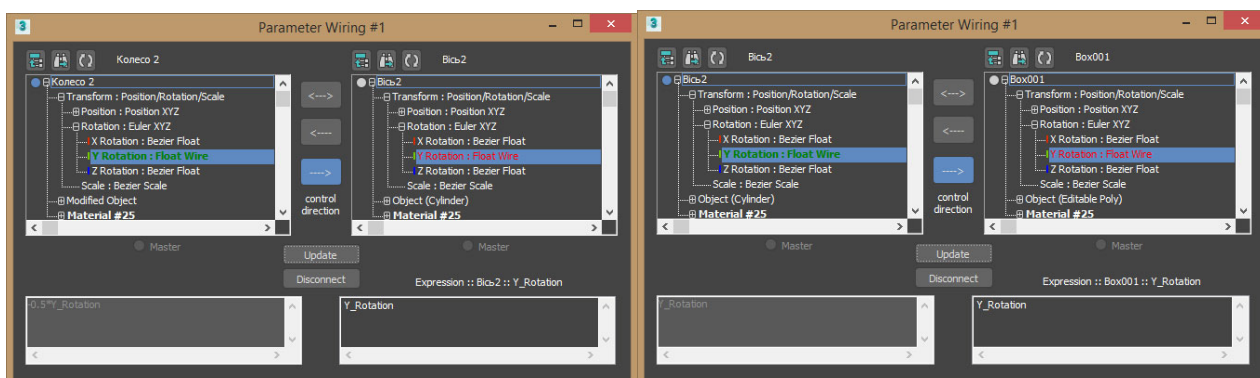
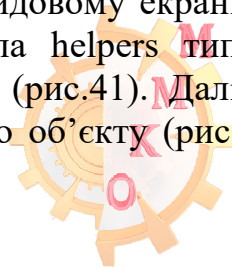


Рис.40. Налаштування параметрів взаємодії обертю

Взаємодія елементів коробково-гонкового механізму. На видовому екрані Front створюємо допоміжні елементи – вкладка Create група helpers тип створюваного об'єкту Point. Вирівнюємо за центром поршня (рис.41). Далі копіюємо елемент та встановлюємо до кінця кожного рухомого об'єкту (рис.



42). Виділяємо усі допоміжні елементи та активуємо режим ізоляції Alt+Q.

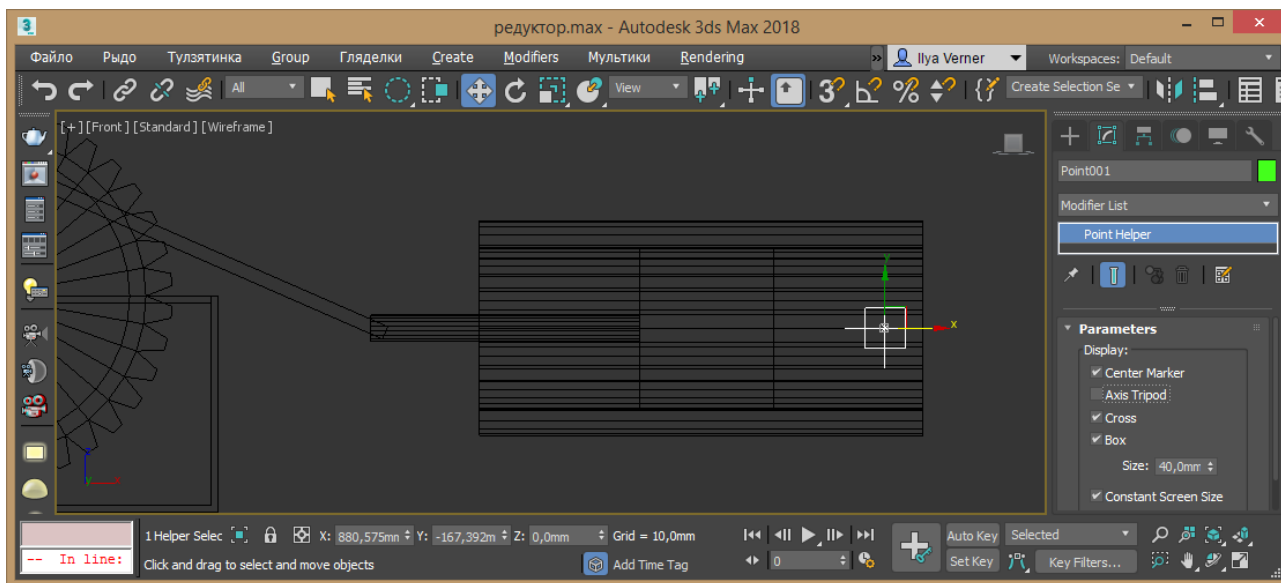


Рис.41. Додавання допоміжного об'єкту типу точка

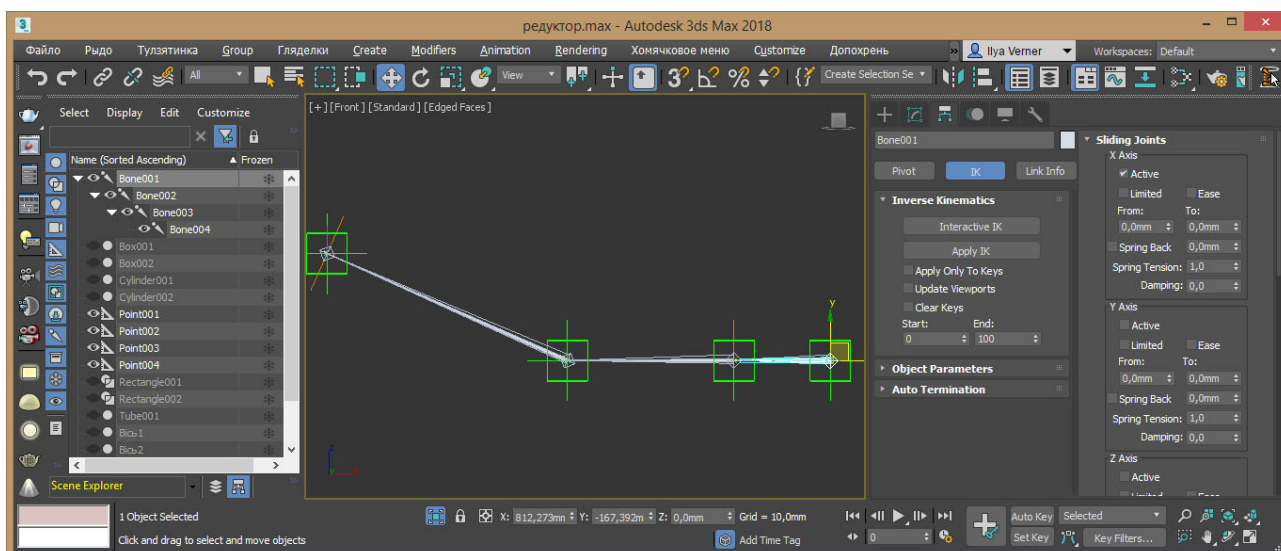


Рис.42. Додавання допоміжних об'єктів

Користаймося пунктом меню Animation та командою Bone Tools. Для створення шарнірного каркасу взаємодії елементів натискаємо кнопку Create Bones та за допомогою прив'язок до центру створюємо необхідну кількість костей по допоміжним елементам (рис.43).

Виділяємо усі кості та надаємо для зручності більшого розміру у вкладці Fin Adjustment Tools, встановлюємо прапорець Fins та збільшуємо розміри на свій розсуд. Видаляємо допоміжний елемент Point.

Обираємо крайню праву кістку та активуємо команду HD Solver пункту меню Animation – IK Solvers, тягнемо курсор до лівої крайньої кістки та обираємо її встановивши таким чином зв'язок.

Перемикаємось на командній панелі на вкладку Hierarchy та натискаємо кнопку IK. Обираємо праву крайню кістку, розгортаймо вкладку встановлення



обмежень переміщення Sliding Joints. Встановлюємо систему координат Parent на головній панелі. Ця кістка буде керувати рухом поршня. Отже ставимо прапорець дозволу руху за віссю X (X Axis) навпроти команди Active. Знімаймо усі прапорці вкладки Rotational Joint заборонивши обертання елемента.

На другу і третю кістки встановлюємо прапорець тільки на вкладці Rotational Joint за віссю Z, усі інші прапорці знімаймо (рис. 44).

Видаляймо усі допоміжні елементи та виходимо з режиму ізоляції натиснувши відповідну кнопку на рядку стану знизу.

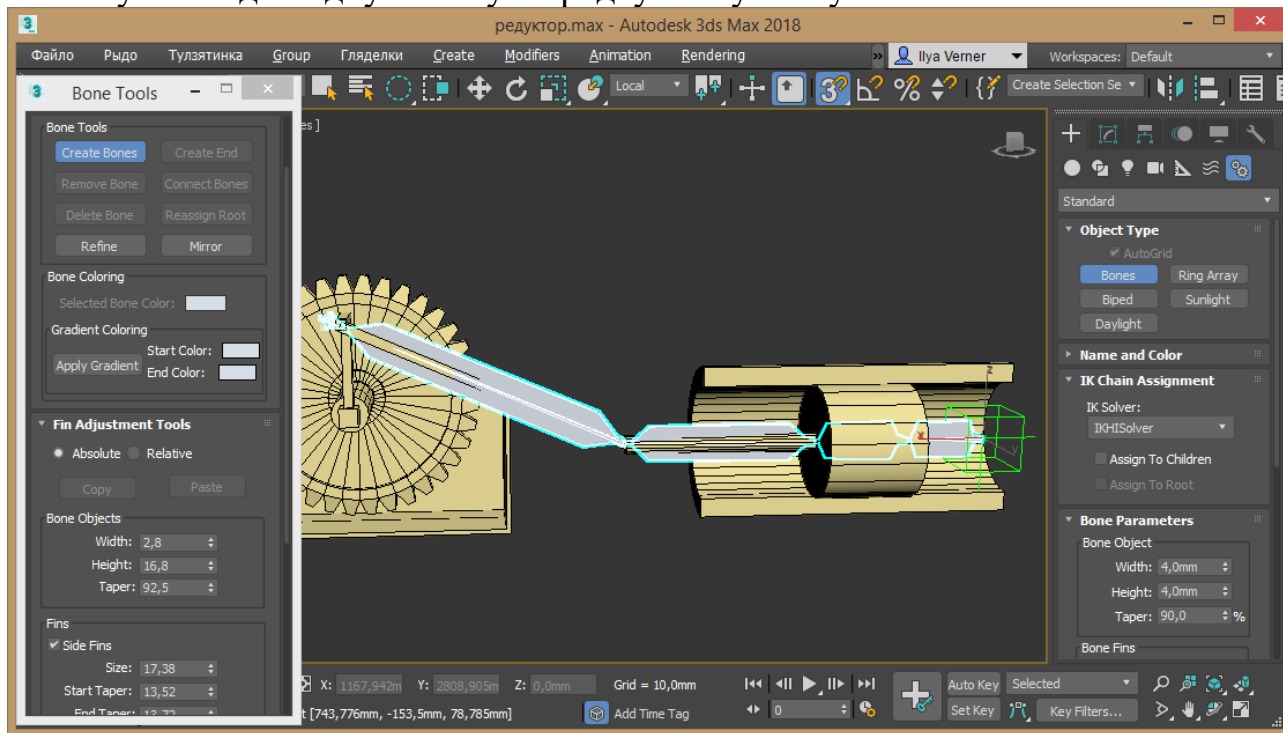
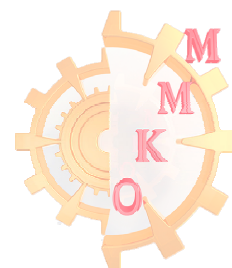


Рис.43. Створення кінематичних зв'язків

Встановлюємо до останньої лівої кістки допоміжний елемент Point за центром. Виділяймо останню ліву кість та користуймось командою Position Constraint пункту головного меню Animation – Constraints для створення прив'язки допоміжного об'єкту та кістки.

Прив'язуємо допоміжний об'єкт інструментом Select and Link до важеля на вісі 2. Інструментом Select and Link прив'яжіть інші елементи до кісток, спершу обираючи елемент а потім відповідну кістку.

Відключіть видимість кісток у оглядачі сцени чи шару. Проверніть вісь 1 та перевірте рух механізму (рис. 45). Створіть анімацію на 100 кадрів обертю вісі 1 на 360 градусів.



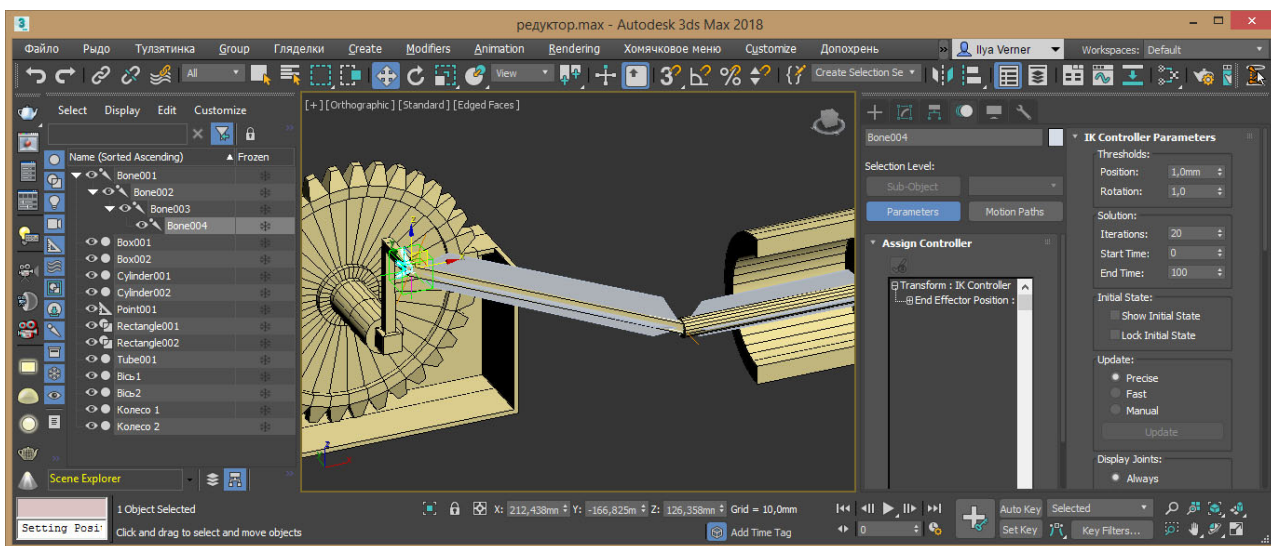


Рис.44. Налаштування системи зв'язків

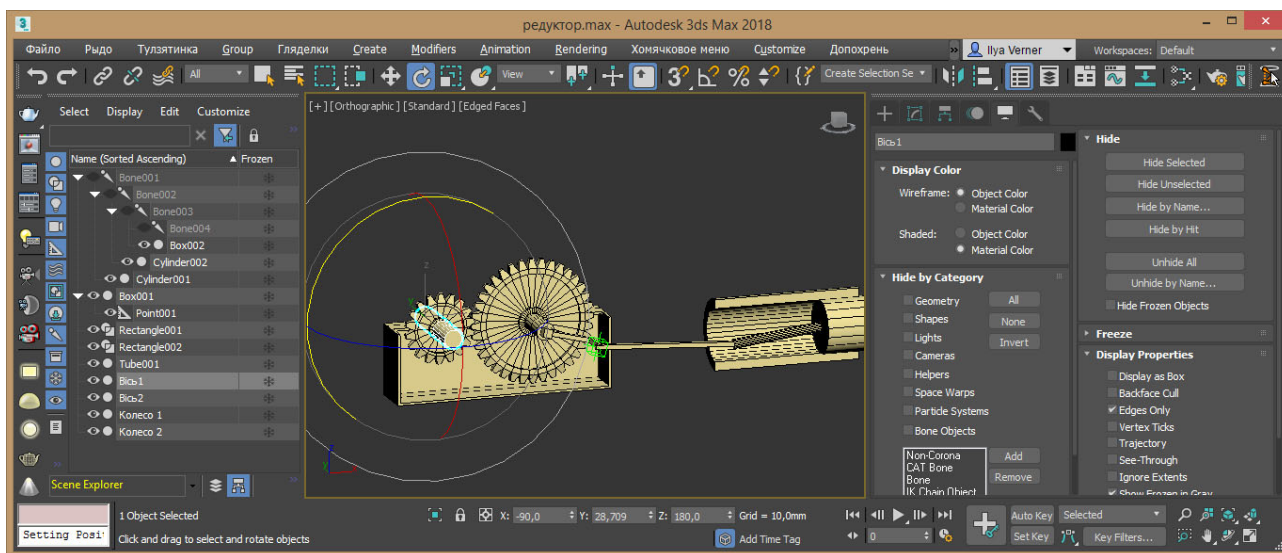
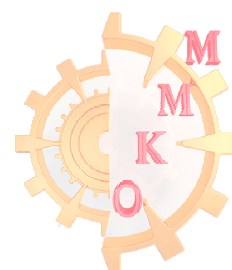


Рис.45. Перевірка праці механізму



Лабораторна робота 6

Навчальний курс по складному моделюванню лампи освітлення

Мета роботи: набути навичок роботи по складному моделюванню.

Отримати сертифікат успішного проходження від Autodesk Design Academy.

Опис Autodesk Fusion 360 і вимоги до системи

[Autodesk Fusion 360](#) – це САПР нового покоління. Програмний продукт являє собою засіб 3D-проектування і розробки виробів на основі хмарних технологій, в якому поєднуються можливості спільної роботи, цифрового проектування і механічної обробки в одному пакеті. Fusion 360 дозволяє швидко і без праці вивчати проектні ідеї за допомогою першої в світі інтегрованої платформи, що охоплює всі етапи від розробки концепції до стадії виробництва.

Існує кілька варіантів установки Fusion 360. Основний метод установки Fusion 360 орієнтований на однопользовательську систему, що спрощує завдання для користувачів і разом з тим гарантує, що клієнтська частина Fusion 360 завжди актуальна і сумісна з веб-службами, які Fusion 360 використовує на сервері. Однак деякі аспекти таких завдань не вдається реалізувати в керованих середовищах, коли потреба у технічному обслуговуванні більшої кількості комп'ютерів, на яких встановлено додаток Fusion 360. Таким чином існує 2 варіанти установки:

- індивідуальна установка (Повний опис на сайті компанії);
- розрахована на багато користувачів установка з веб-джерела (Повний опис на сайті компанії).

Вимоги до системи для Fusion 360:

- Apple® macOS™ Sierra v10.12; Mac® OS® X v10.11.x (El Capitan); Mac OS X v10.10.x (Yosemite)
- Microsoft® Windows® 7 SP1, Windows 8.1, або Windows 10 (64-bit only)
- Процесор 64-розрядний (32-розрядний не підтримується);
- Пам'ять: 3ГБ ОЗУ (рекомендується 4 ГБ і більше);
- Підключення до інтернету;
- Приблизно 2,5 ГБ вільного простору на диску для клієнта Fusion 360;
- Графічна карта від 512 МБ: будь-які графічні карти на підтримуваному обладнанні (крім Intel GMA X3100);
- Вказівний пристрій: сумісна з Microsoft миша; Apple Mouse; сенсорна панель MacBook Pro;
- **Fusion 360 оновлюється приблизно раз в 2 тижні. Всі установки повинні бути своєчасно синхронізовані.**



Для роботи в системі необхідно зареєструватися на сайті Autodesk.com в якості студента Національного технічного університету «Дніпровська політехніка». Робота системи можлива протягом 30 днів в пробному режимі. При необхідності в управлінні обліковим записом на сайті Autodesk.com потрібно активувати освітню ліцензію. На даний момент вона видається терміном на 3 роки. Для реєстрації аккаунта необхідна електронна пошта і мобільний телефон.

Огляд призначеного для користувача інтерфейсу

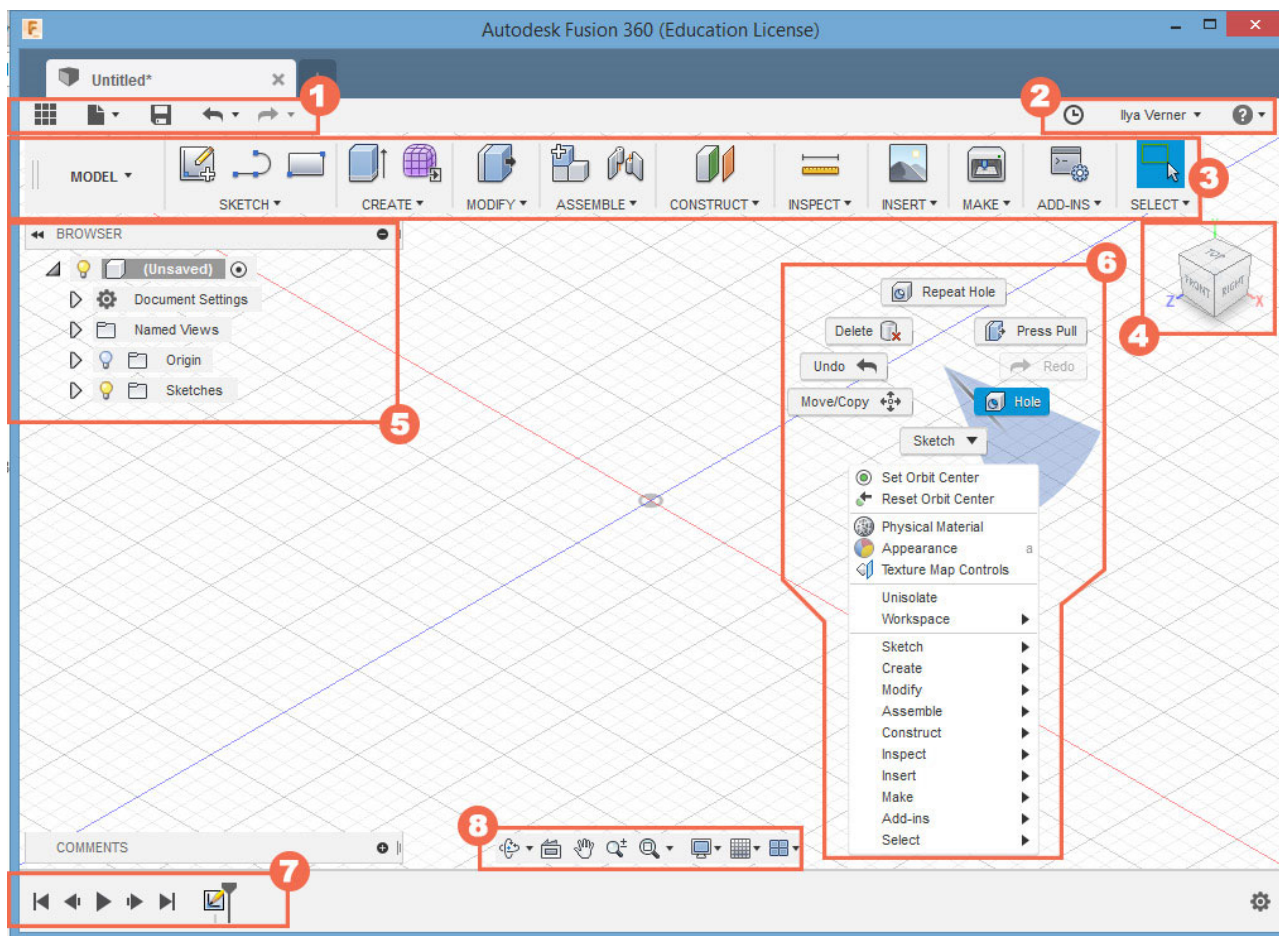


Рис. 46. Робочий простір Fusion 360 налаштоване за замовчуванням

1. Панель додатків: надає доступ до панелі даних (яка дозволяє швидко отримати доступ до файлів), операції з файлами, зберегти, скасувати і повторити.
2. Панель управління профілем і допомогу. У даній панелі можна управляти настройками свого профілю і облікового запису або використовувати меню довідки щоб продовжити навчання або отримати допомогу в пошуку та усунення несправностей.
3. Панель інструментів. Панель містить перемикач типу робочого простору і відповідні йому інструменти.
4. Видова куб: служить для орієнтації моделі у видовому вікні або установки стандартних видів огляду.



5. Браузер: браузер містить елементи з яких складається модель (все, починаючи від планів та ескізів до деталей і зборок). Браузер служить для редагування об'єктів і контролю їх відображення.

6. Меню полотна і меню маркування: клацання лівою кнопкою миші дозволяє вибрати об'єкти на полотні. Клацання правою кнопкою миші відкриває меню маркування. Меню маркування виглядає у формі колеса і містить часто використовувані команди і доповнюється командами в додатковому меню.

7. Тимчасова шкала. Тимчасові шкали містять операції, виконані в процесі моделювання. Для внесення змін служить клацання правою кнопкою миші на часовій шкалі. Також є можливість переміщення операцій, щоб змінити порядок їх застосування на моделі.

8. Навігаційна панель і параметри відображення: панель навігації містить команди, використовувані для масштабування, панорамування і обертання моделі. Налаштування дисплея керують зовнішнім виглядом інтерфейсу і відображенням моделі на полотні.

Робочі простори

Fusion 360 має більше можливостей, ніж стандартне програмне забезпечення САПР. Щоб спростити роботу з інтерфейсом можливості програми згруповані в різні робочі області. Ці робочі області містять інструменти і команди в відповідно до конкретних завдань проектування. Кожна робоча область має унікальну панель інструментів зверху. Однак деякі меню і їх команди повторюються в декількох робочих просторах.

Робочі простору в Fusion 360 є залежними від типу завдань. У Fusion 360 на момент написання методичних вказівок було 11 робочих просторів, розглянемо ті з них, що будуть використовуватися в практичних завданнях:

- SCULPT

Робоча область SCULPT є допоміжною середовищем робочої області MODEL. Інструменти довільної деформації дозволяють спотворювати геометрію з вершин і країв надаючи потрібні форми. Можна створювати і змінювати 2D або 3D-геометрію поверхні і тривимірні твердотільні об'єкти.

- MODEL

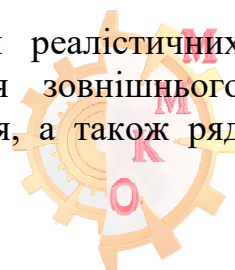
Робоча область MODEL дозволяє створювати і редагувати твердотельну тривимірну геометрію. Це робочий простір більше схоже на традиційну середу 3D-CAD. Крім стандартних функцій моделювання, таких як видавлювання або обертання можна отримати доступ до робочої області SCULPT і MESH з даного робочого простору.

- PATCH

- MESH

- RENDER

Робочий простір RENDER використовується для створення реалістичних зображень проектів. Використовуючи можливості завдання зовнішнього вигляду матеріалу моделі і налаштовуючи джерела освітлення, а також ряд



інших властивостей можна отримати якісне фотореалістичне зображення необхідних об'єктів.

- ANIMATION
- SIMULATION

Робочий простір SIMULATION дозволяє використовувати аналіз кінцевих елементів для імітації поведінки конструкції при різних навантаженнях і умовах. Знання про критичні навантаження конструкцій дає можливість приймати обгрунтовані рішення про внесення змін до проєктовані об'єкти. Аналізи модуля SIMULATION можуть мінімізувати або взагалі зняти необхідність у створенні прототипу, провівши тести на руйнування на моделі.

- COMPARE
- Робочий простір COMPARE стає доступним тільки після успішного завершення дослідження в просторі SIMULATION, і результати доступні для перегляду. Використовується для перегляду різних результатів моделювання в бокових вікнах.
- SIMPLIFY

Доступ до робочого простору SIMPLIFY дається з робочою області SIMULATION. Робочий простір SIMPLIFY використовується для внесення зміни в геометрію моделі. Ці зміни не впливають на геометрію, створювану в інших робочих просторах моделювання.

- CAM
- DRAWING

Робочий простір DRAWING використовується для створення двовимірною креслення, що моделюється в тривимірному просторі об'єкта. Володіє стандартними можливостями CAD-систем по роботі з проєкційними видами.

Видові екрани

За замовчуванням відображається один видовий екран, але є можливість активувати додаткові видові екрани для можливості огляду об'єкта, що моделюється з різних ракурсів.

Включення додаткових видових екранів здійснюється з навігаційної панелі, розташованої знизу.



Рис.47. Навігаційна панель - меню управління видовими вікнами

Функція переходу в режим відображення в один видовий екран здійснюється з цієї ж, розташованої знизу, навігаційної панелі.

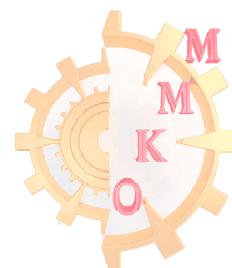




Рис.48. Навігаційна панель - меню управління видовими вікнами

Для зміни розмірів видових екранів необхідно клацнути мишкою на кордон між ними, і затиснувши кнопку миші перемістити кордон в потрібне місце.

Для зміни візуального стилю відображення у видовому вікні на нижній навігаційній панелі використовується відповідне меню.

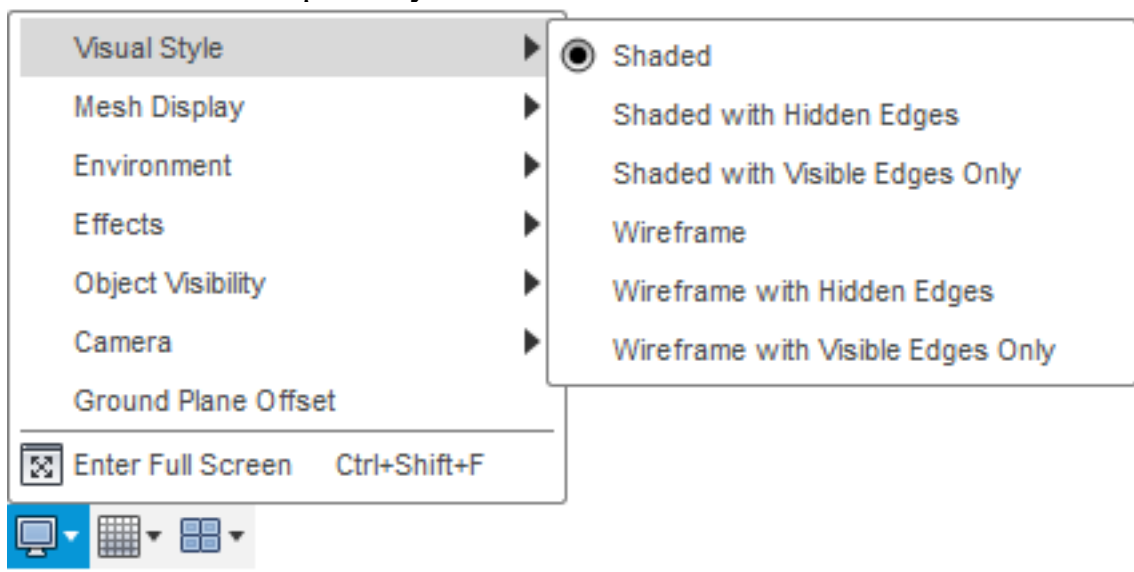


Рис.49. Навігаційна панель - меню візуальних стилів

Пряме моделювання та його вплив на робочі простори

За замовчуванням у Fusion 360 активний режим запису послідовності команд в палітру тимчасової шкали, що знаходиться в нижній частині інтерфейсу. Даний режим можна назвати історичним моделюванням. Але є також можливість перемикатися між прямим моделюванням і історичним моделюванням або використовувати обидва одночасно. Якщо тимчасова шкала історії відключена, середовища Sculpt і Mesh стають їх власними робочими областями, доступними через спливаюче меню робочої області.

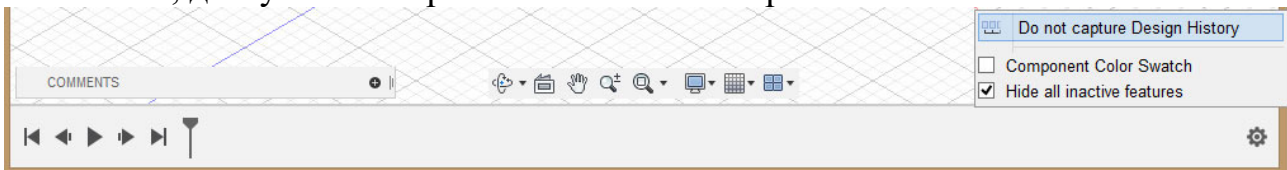


Рис.50. Перемикач типу моделювання

Коли історія моделювання включена, створення Basefeature (Пункт меню Create - Basefeature) дозволяє перейти в пряме моделювання «пісочниці»



(всередині елемента). Це додає Basefeature в хронологію історії, але й відображає більше не фіксує дії, які ви виконуєте, поки ви перебуваєте в режимі моделювання Basefeature. При натисканні на кнопку «Finish Base Feature» ви можете вийти з режиму редагування Basefeature і повернутися до «історичного» моделювання.

Принципи моделювання

Sketch

Базовою одиницею моделювання є ескіз (Sketch). Ескізом є двовимірний креслення, виконаний в заданій площині, для подальших операцій по створенню тривимірних об'єктів.

Body

Тіло (Body) є контейнером, що містить тривимірні елементи модельованих об'єктів. У процесі створення з плоского ескізу тривимірного об'єкту утворюється тіло. Весь процес моделювання здебільшого складається з редагування тел різними методами в різних робочих просторах. Дотичні тіла вважаються єдиним об'єктом, що не допускає переміщення тіл відносно один одного.

Тіла бувають: твердотільний / поверхневі, тіла sculpt (ліплення) і mesh (сітка).

Components

При створенні збірок з метою надання тілам можливостей переміщення відносно один одного їх розносять в різні компоненти (Components). По суті компоненти - це контейнери для тіл, ескізів, допоміжних побудов і ін. Елементів необхідних для окремого елемента.

Rigid Group

Для запобігання переміщення елементів один щодо одного використовуються закріплені групи (Rigid Group).

Joints

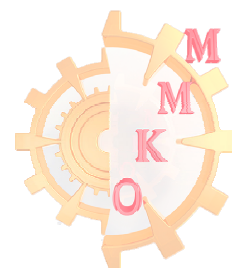
Обмеження (Joints) встановлюються на об'єкти визначаючи ступеня свободи і можливості по переміщенню.

As-build Joints

Сполучні обмеження (As-build Joints) накладаються на імпортовані з інших продуктів об'єкти при необхідності точного зазначення місця розташування одних об'єктів відносно інших, при відсутності можливості їх переміщення (обмежують відносні переміщення).

Contact Sets

Зони контакту (Contact Sets) дозволяють задавати обмеження по переміщенню при взаємодії одного елемента з іншим або ставити кордону переміщень в цілому.



Робота з командами

Є кілька методів активації команд. Перший з них - використовувати гарячі клавіші. Метод доступний для новачків - використовувати відповідні меню на панелі інструментів для отримання доступу до команд. Найбільш часто використовувані команди можна з меню перемістити на основну палітру інструментів.

Один з найбільш гнучких методів роботи з командами - через панель пошуку команд Model Shortcuts. Виклик цієї панелі можливий через гарячу клавішу S, за умови неактивності інших команд. У даній панелі можна вводити назви команд і вибрати їх для застосування.

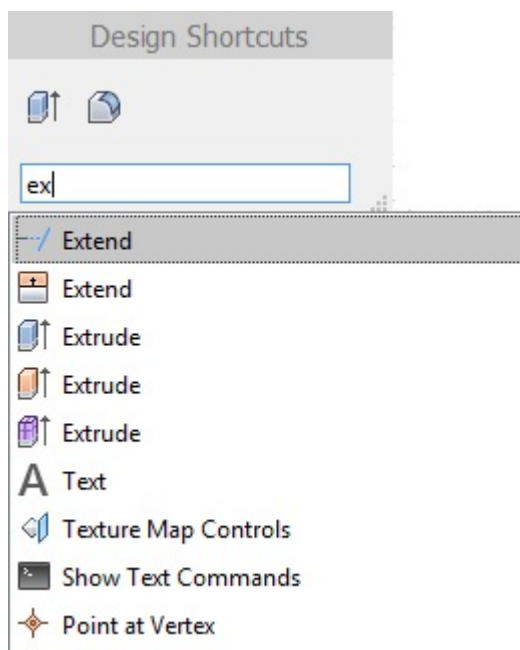
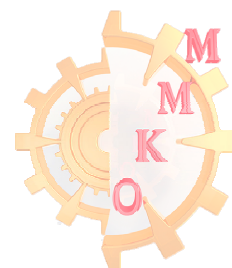
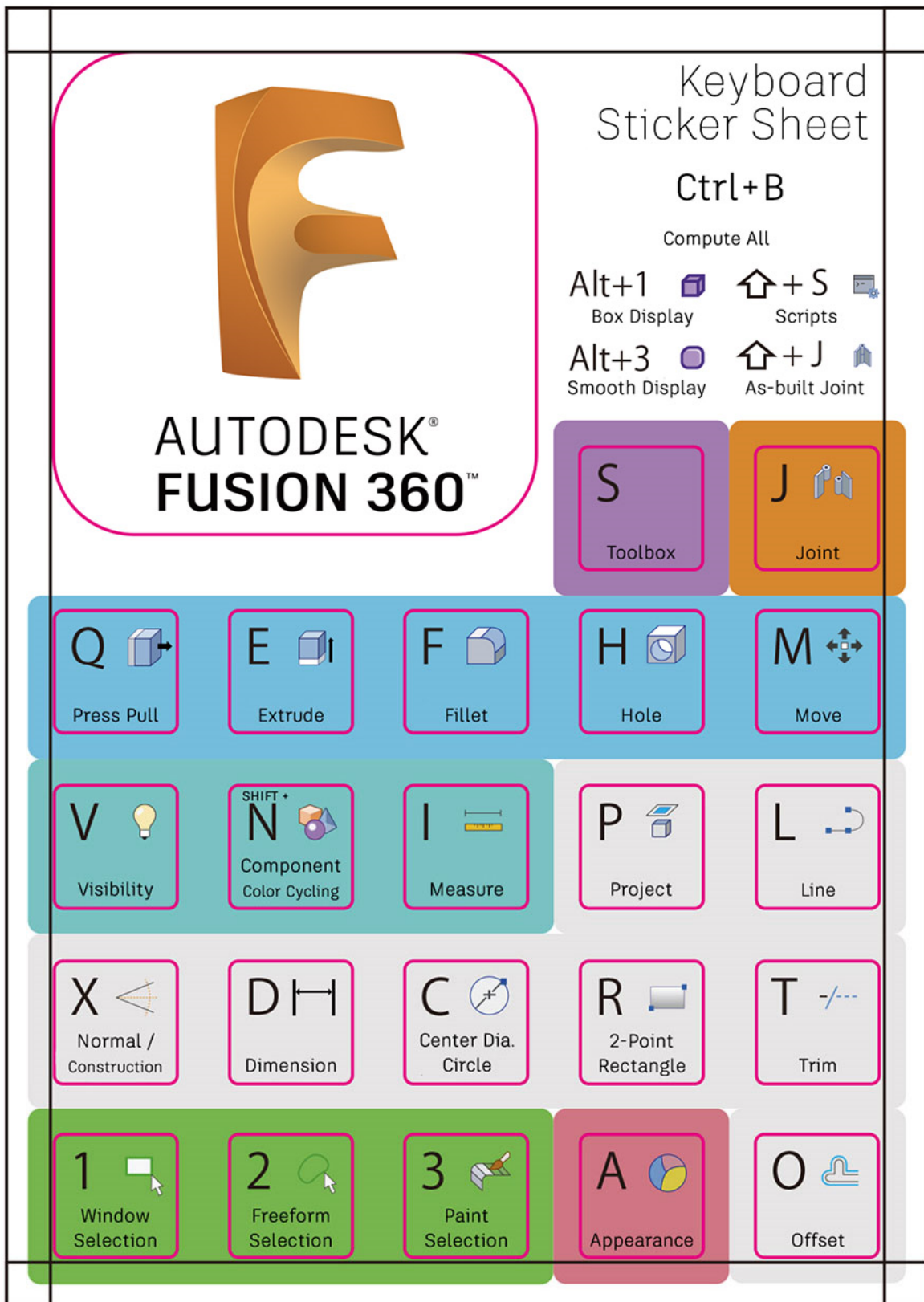


Рис. 51. Панель швидкого пошуку команд

Гарячі клавіші
Основні операції:





Клавіші роботи в видовому екрані:

Переміщення по екрану (Pan) - затиснути середню кнопку миші.

Масштабування (Zoom) - обертати середню кнопку миші.

Обертання видового вікна (Orbit) - затиснути Shift + затиснути середню кнопку миші.



Обертання навколо заданої точки - затиснути Shift + клікнути, а потім затиснути середню кнопку миші.

Сертифікаційний навчальний курс



Алгоритм виконання завдання для отримання сертифіката проходження курсу на базі міжнародної освітньої платформи Autodesk Design Academy. Для проходження курсу необхідно зайти на сайт академії і вибрати курс: <https://academy.autodesk.com/course/129267/introduction-cad-learn-fusion-360-90-minutes> (Introduction to CAD: Learn Fusion 360 in 90 minutes). Виконуйте дії за методичними вказівками і орієнтуйтеся на відео в курсі. По завершенню фахівці перевіряють завдання і по закінченні 14 днів сертифікат буде доступний для скачування в профілі студента на сайті академії.

Створення проекту

Для створення проекту необхідно на панелі додатків натиснути кнопку (рис., 1) відкриття панелі даних (data panel). У панелі даних необхідно натиснути кнопку (рис. 52, 2) створення нового проекту (New Project). В поле введення інформації необхідно задати назву: "Learn Fusion in hour".

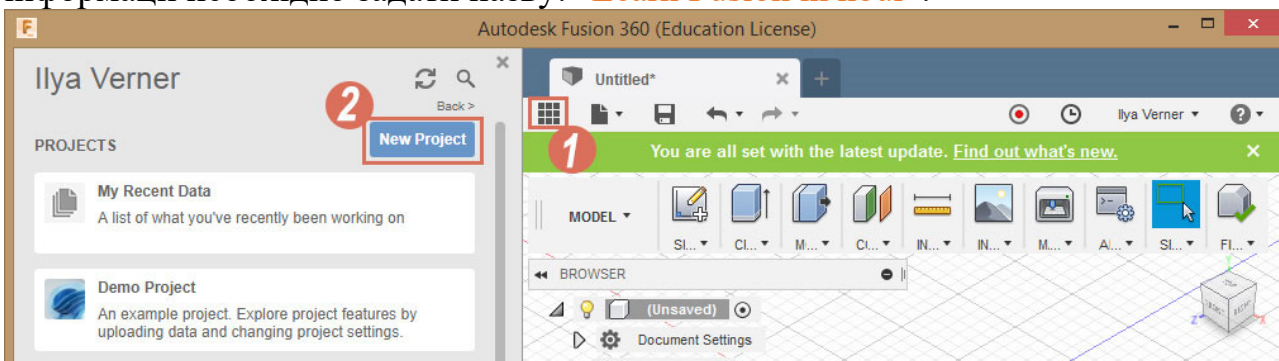


Рис. 52. панель даних

Для подальшої роботи в проекті необхідно двічі клацнути по його кнопці в панелі даних. Відкриється кореневої каталог проекту (Master).

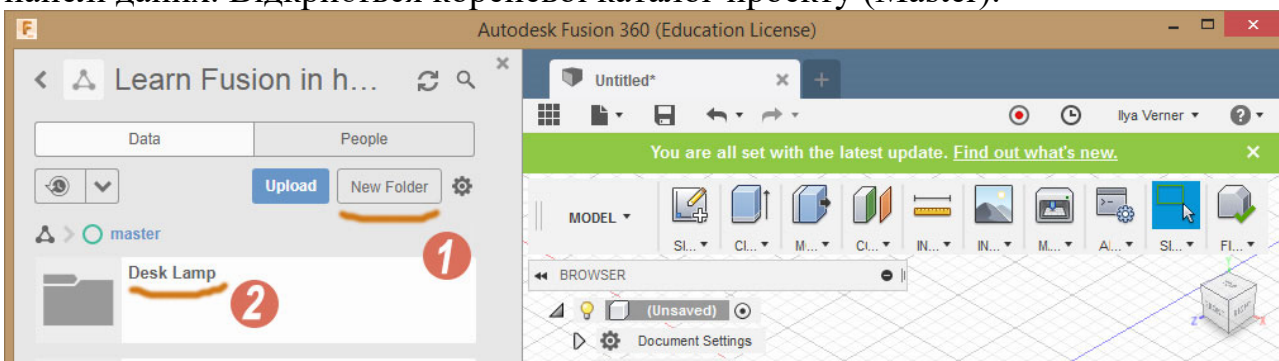


Рис. 53. Панель даних: корінь проекту



Для створення папки всередині проекту необхідно натиснути кнопку створення нової папки (New Folder) і задати ім'я: "Desk Lamp". Подвійним клацанням по вкладці з створеної папкою необхідно увійти всередину.

Створення ескізу

Для створення ескізу можна використовувати різні методи. Спочатку необхідно вибрати площину для ескізу, для чого можна скористатися видовим кубом або в браузері розгорнути пункт Origin і клацнути на необхідній площині (рис. 54, 1). Можна скористатися кнопкою створення ескізу (рис. 54, 2) на панелі інструментів. Також можна на панелі інструментів вибрати пункт меню ескізу (Sketch, рис. 54, 3) і вибрати команду створення ескізу (Create Sketch, рис. 54, 4).

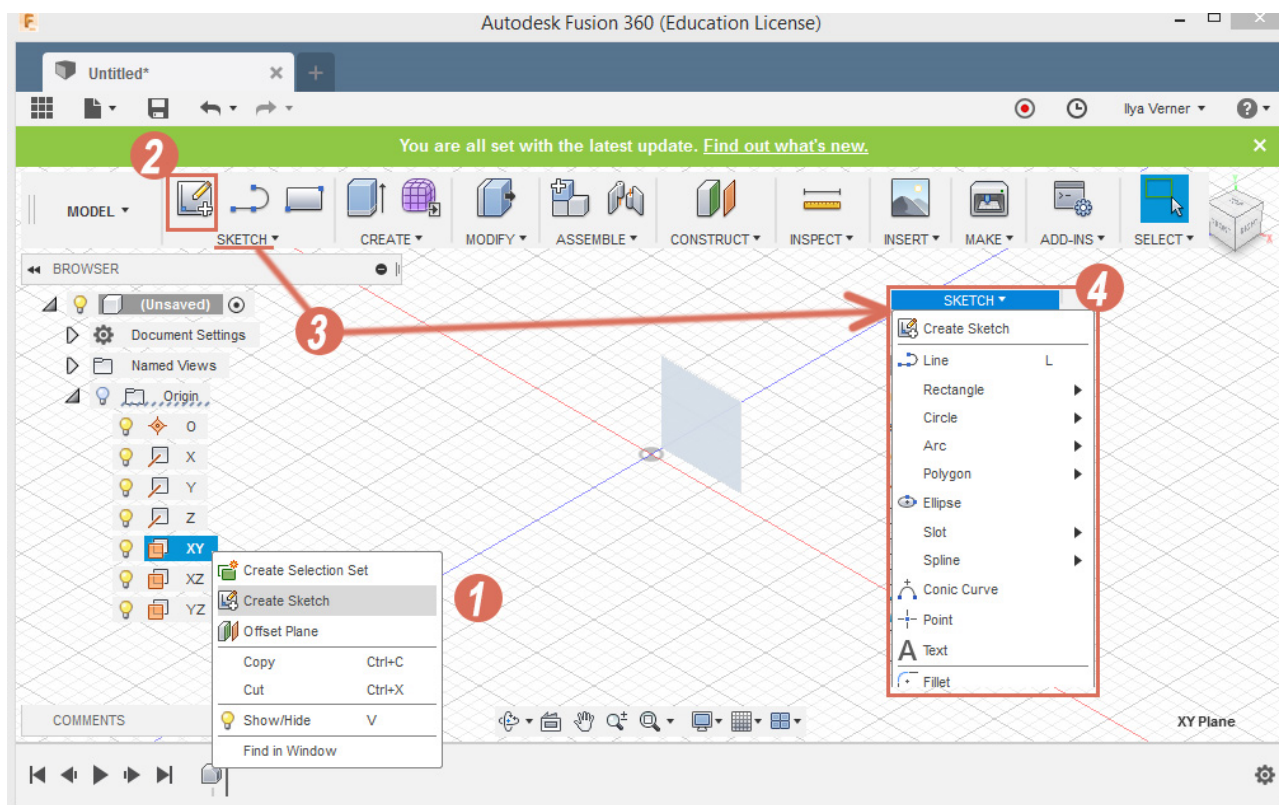


Рис. 54. Методи виклику команди створення ескізу

Після застосування команди створення ескізу активується режим ескізу. На панелі інструментів з'являється кнопка виходу з режиму ескізу (Stop Sketch). У видовому екрані з'являється палітра ескізу (Sketch Palette).

За допомогою палітри ескізу можна задавати строїмого плоскої геометрії характер допоміжних побудов. Для цього необхідно виділити необхідні криві і натиснути кнопку Construction. Можна відключати відображення сітки Grid і дію прив'язок Snap.

Нижня частина палітри ескізу містить розділ обмежень (Constraints) дозволяє накладати обмеження паралельності, перпендикулярності, симетричності, прив'язки середнім і крайнім точкам і ін.



Створіть прямокутник по двох точках використовуючи відповідну команду на панелі інструментів (Sketch - Rectangle - 2 Point Rectangle) і задайте розміри 32x125мм. Перемикання між полями введення розміру при створенні здійснюється клавішею табуляції.

У кожній лінії прямокутника будуть знаходитися індикатори обмежувачів у формі невеликих прямокутників - обмежувачі горизонтальності і вертикальності. Видаліть правий обмежувач і перемістіть верхню праву точку прямокутника вправо. Виділіть верхнє і праве ребро з затиснутою клавішею CTRL і встановіть обмежувач перпендикулярності.

Закрийте ескіз натиснувши на кнопку Stop Sketch. Збережіть документ натиснувши на піктограму дискети на панелі додатків. В поле введення імені введіть: "03 Desk Lamp" і перевірте щоб документ зберігся не в майстер каталог, а каталог Desk Lamp.

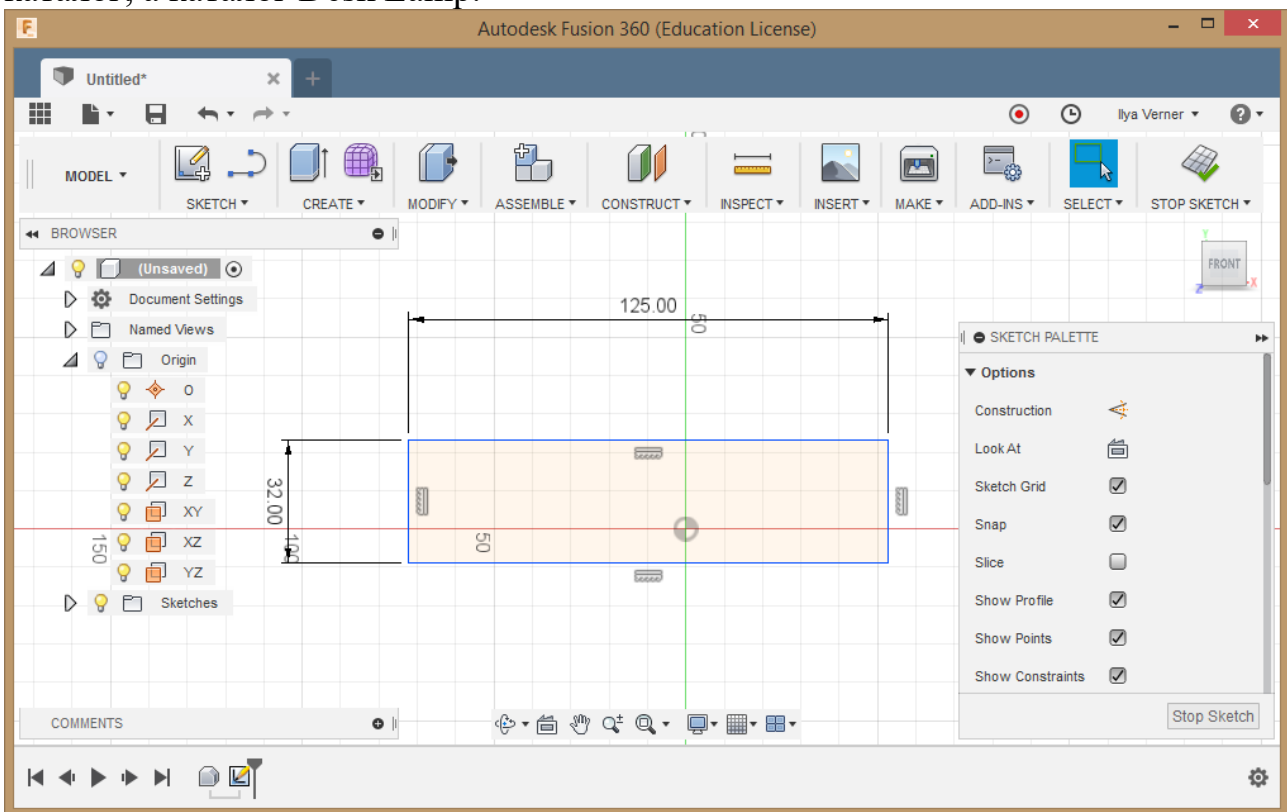
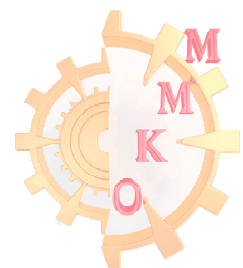


Рис. 55. Створення прямокутника



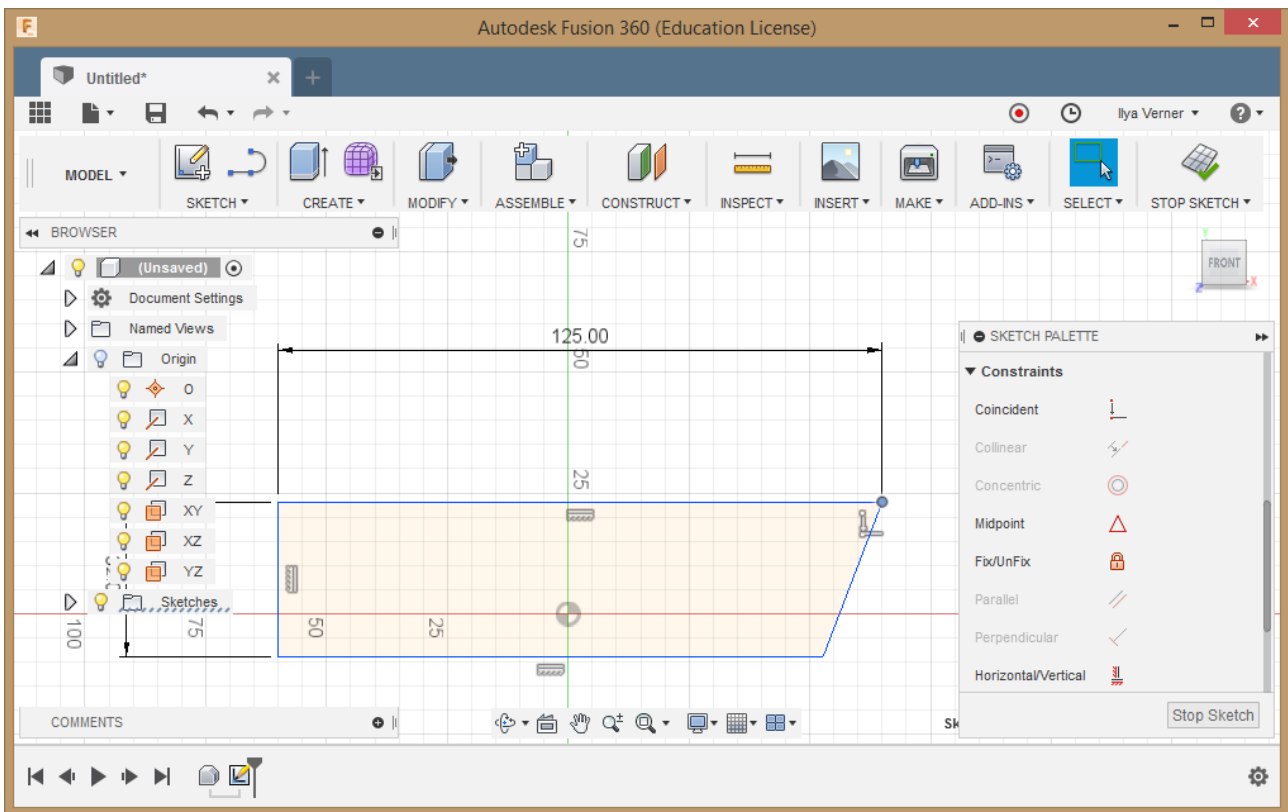


Рис. 56. Робота з обмеженнями

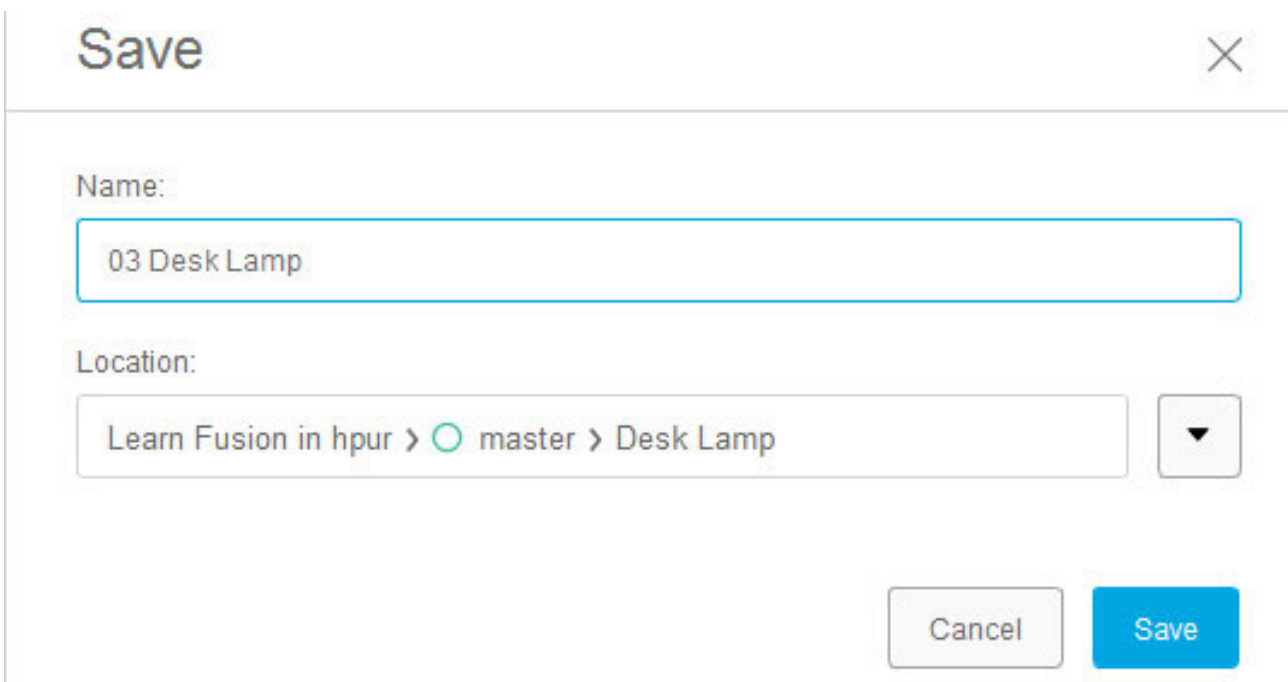
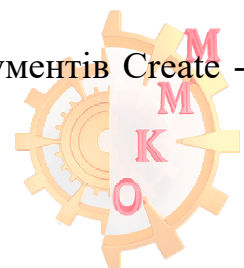


Рис. 56. Збереження документа в папку проекту

Створення тіла обертання на базі ескізу

Створення підставки для настільної лампи.

Активуйте команду створення тіл обертання на панелі інструментів Create - Revolve.



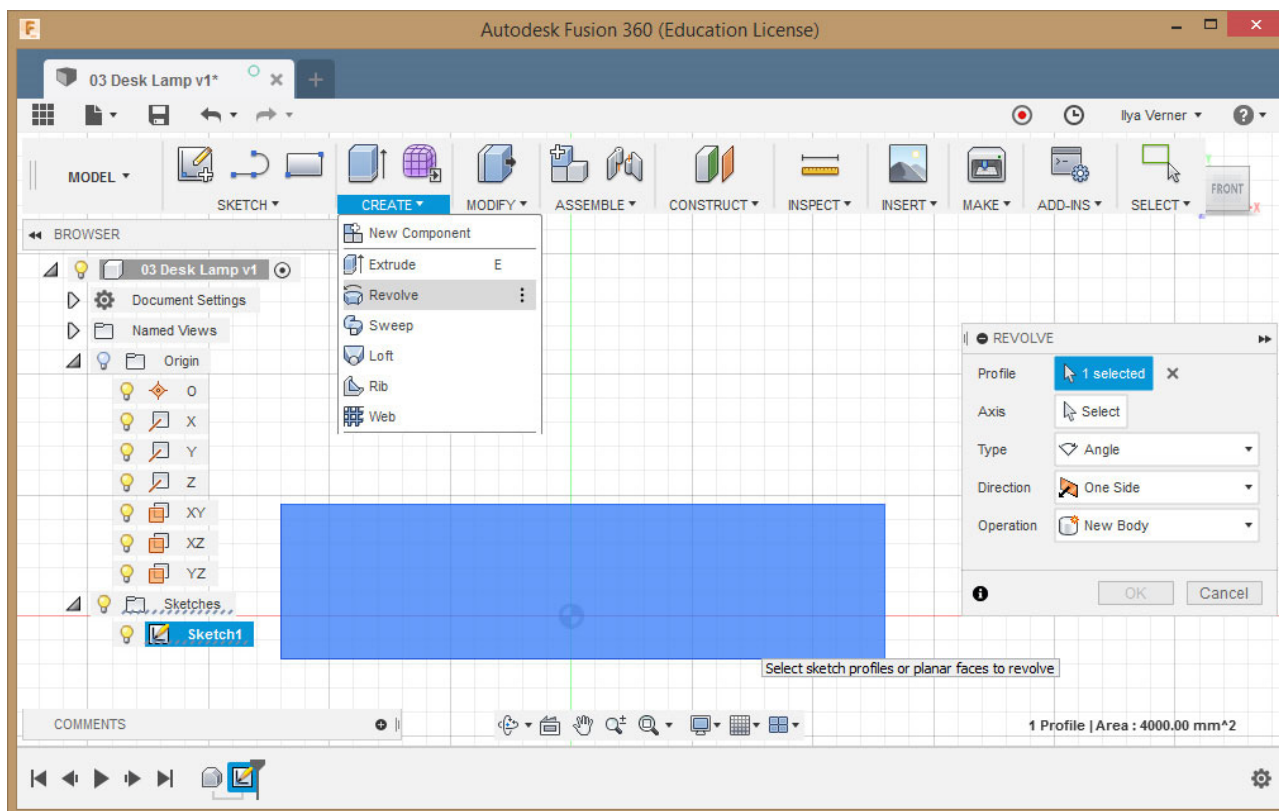


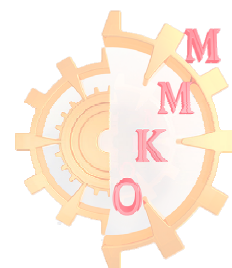
Рис. 57. Команда створення тіла обертання

У правій частині видового вікна з'явиться палітра створення тіл обертання Revolve. Спочатку необхідно вказати профіль обертання для чого клацніть на кнопку навпроти Profile і виберіть ескіз в браузері розкривши папку ескізів Sketches або просто клацніть по прямокутнику в видовому вікні. У палітрі створення тіл обертання кнопка навпроти профілю змінить своє значення з Select (виберіть) на 1 Selected (1 обраний). Ми вказали профіль для обертання, тепер необхідно вказати вісь навколо якої профіль буде обертатися. Для цього натисніть на кнопку навпроти Axis (осі) і виберіть ліву сторону прямокутника як осі обертання.

Параметр типу обертання Type дозволяє створити тіла обертання повертаючи на заданий кут Angle або повний оборот Full (він же 360 градусів).

Параметр Operation дозволяє вказати що утворюється в результаті застосування даної операції: нове тіло, новий компонент, об'єднання елементів, віднімання або перетин елементів. У нашому випадку необхідно створити нове тіло.

Застосовуємо команду і отримуємо тіло обертання - підставку для настільної лампи.



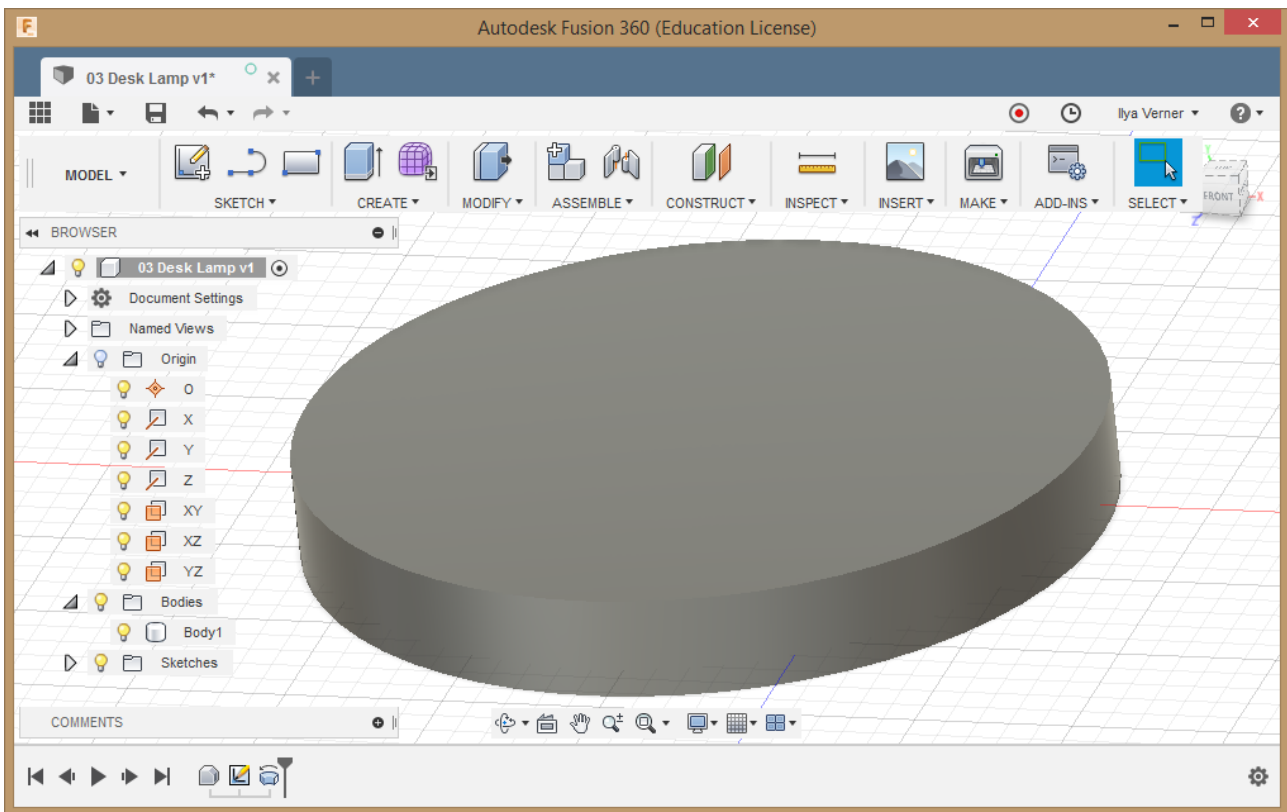


Рис. 58. Результат роботи команди створення тіла обертання Revolve

Застосовуємо команду заокруглення верхньої межі. Для цього на панелі інструментів вибираємо команду Modify - Fillet. Вибираємо верхню межу у видовому вікні. На палітрі управління командою округлення задаємо радіус округлення 15 мм (рис.). Застосовуємо команду.

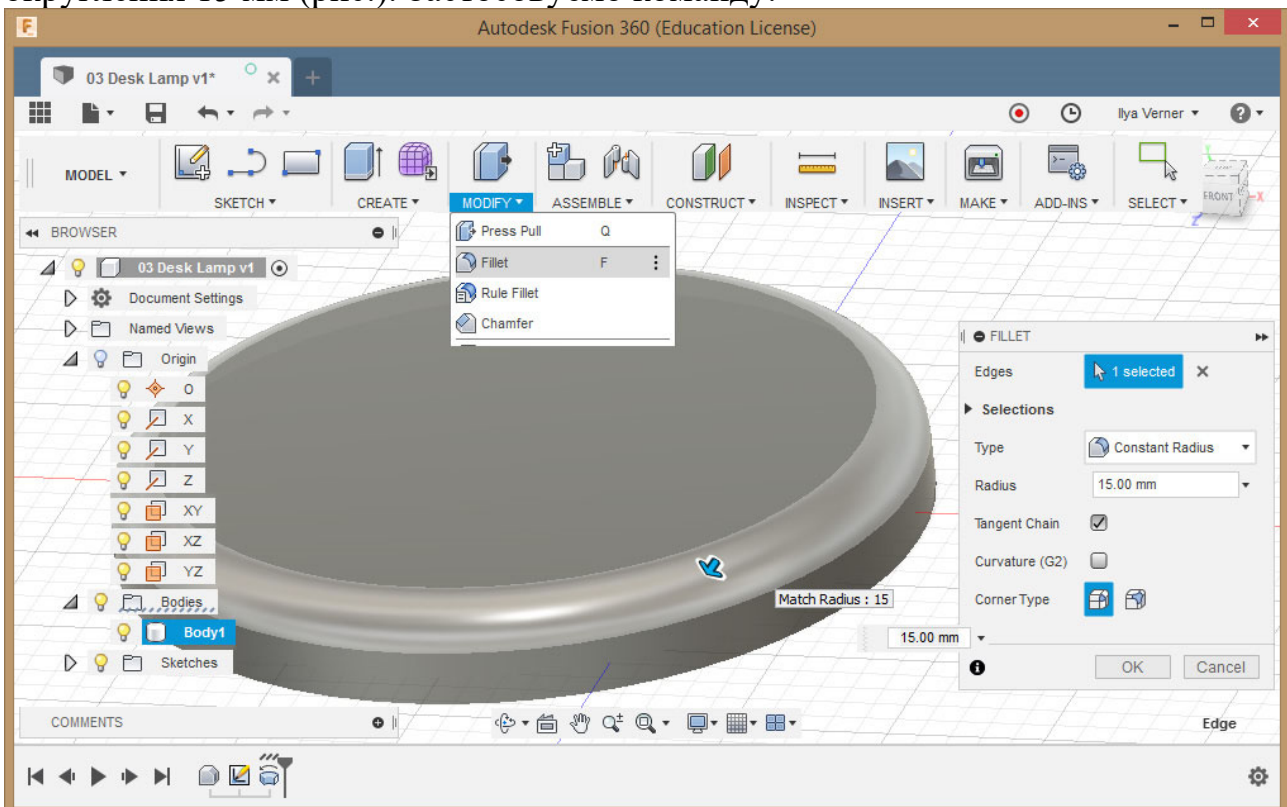


Рис. 59. Команда створення заокруглень Fillet



Створимо порожнечу всередині підставки. Для цього використовуємо команду Modify - Shell на нижній межі. Параметр товщини вкажіть 5 мм і застосуєте команду.

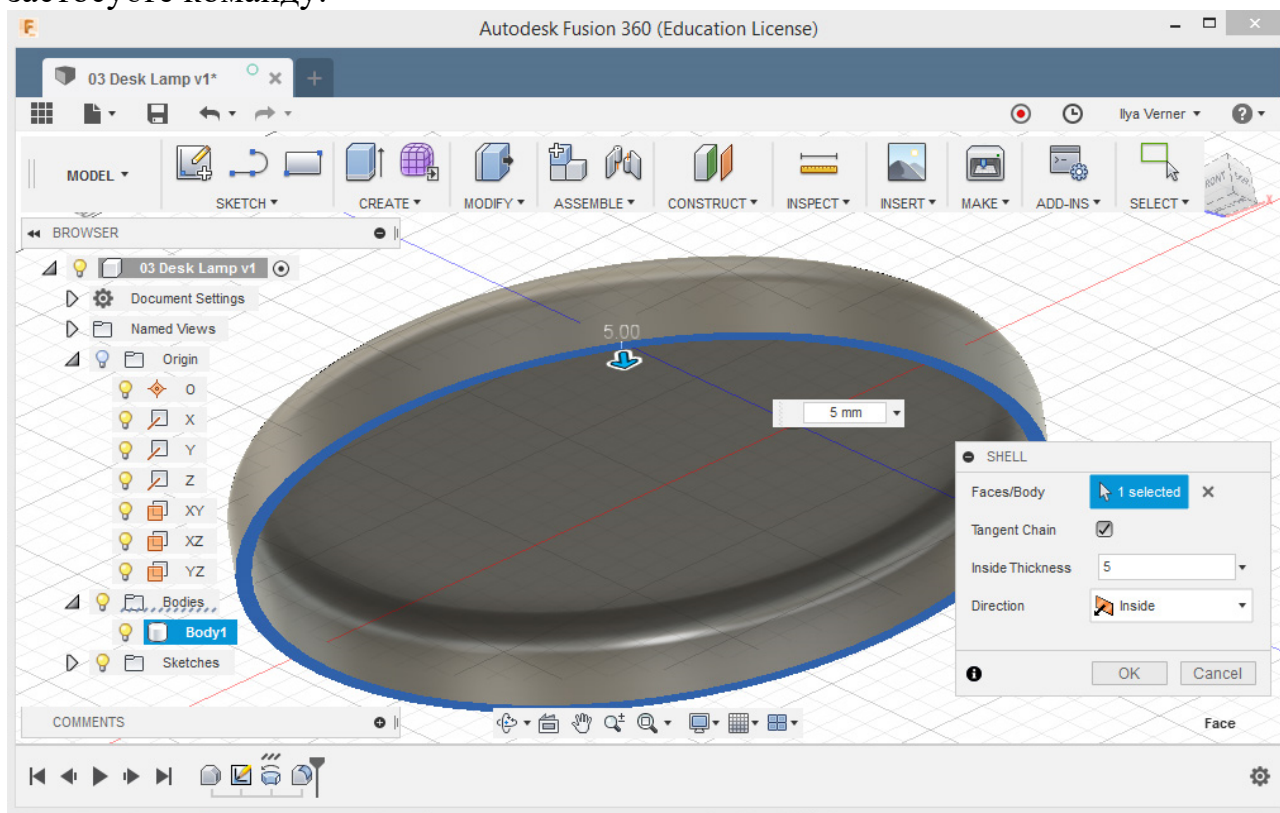


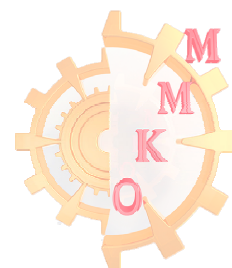
Рис. 60. Команда створення пустот Shell

Створіть новий ескіз, як площині ескізу вкажіть верхню межу поставки. Створіть коло радіусом 20 мм. Виділіть центр окружності і центр підставки з затиснутою клавішею CTRL. Застосуйте обмеження горизонтальності / вертикальності (рис. 61).

Активуйте з панелі інструментів команду проставлення розмірів Sketch - Dimensions. Встановіть між двома центрами відстань 85 мм. Натисніть Esc для виходу з режиму проставлення розмірів. Вийдіть з режиму редагування ескізу.

Використовуючи команду видавлювання створіть отвір. Команда на панелі інструментів Create - Extrude. Як профілю виберіть коло, створену на ескізі, розташованому на верхній межі підставки (рис. 62).

Збережіть документ. При кожному збереженні попереднє збереження залишається в документі під відповідною версією. Таким чином можна повернутися і відкрити документ на всіх етапах, яких велося збереження.



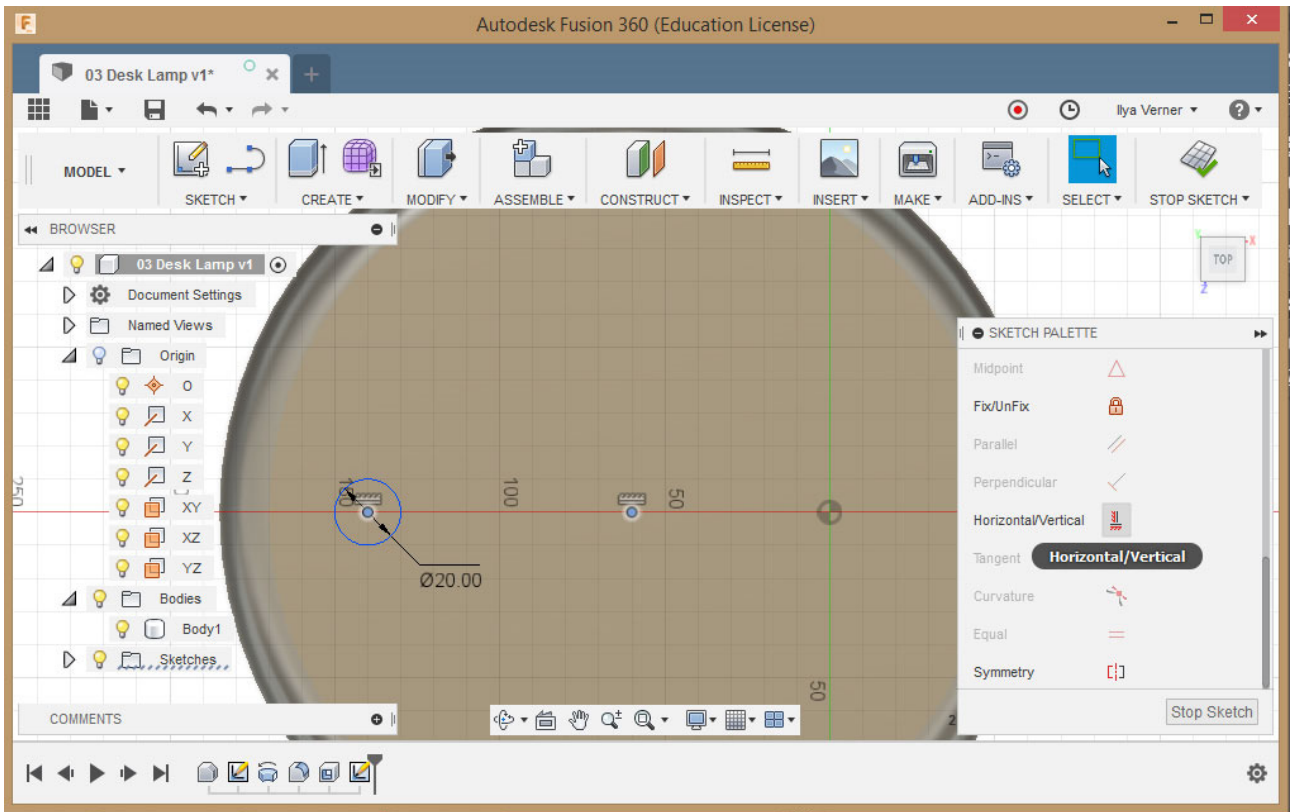


Рис. 61. Створення ескізу на межі існуючого об'єкта

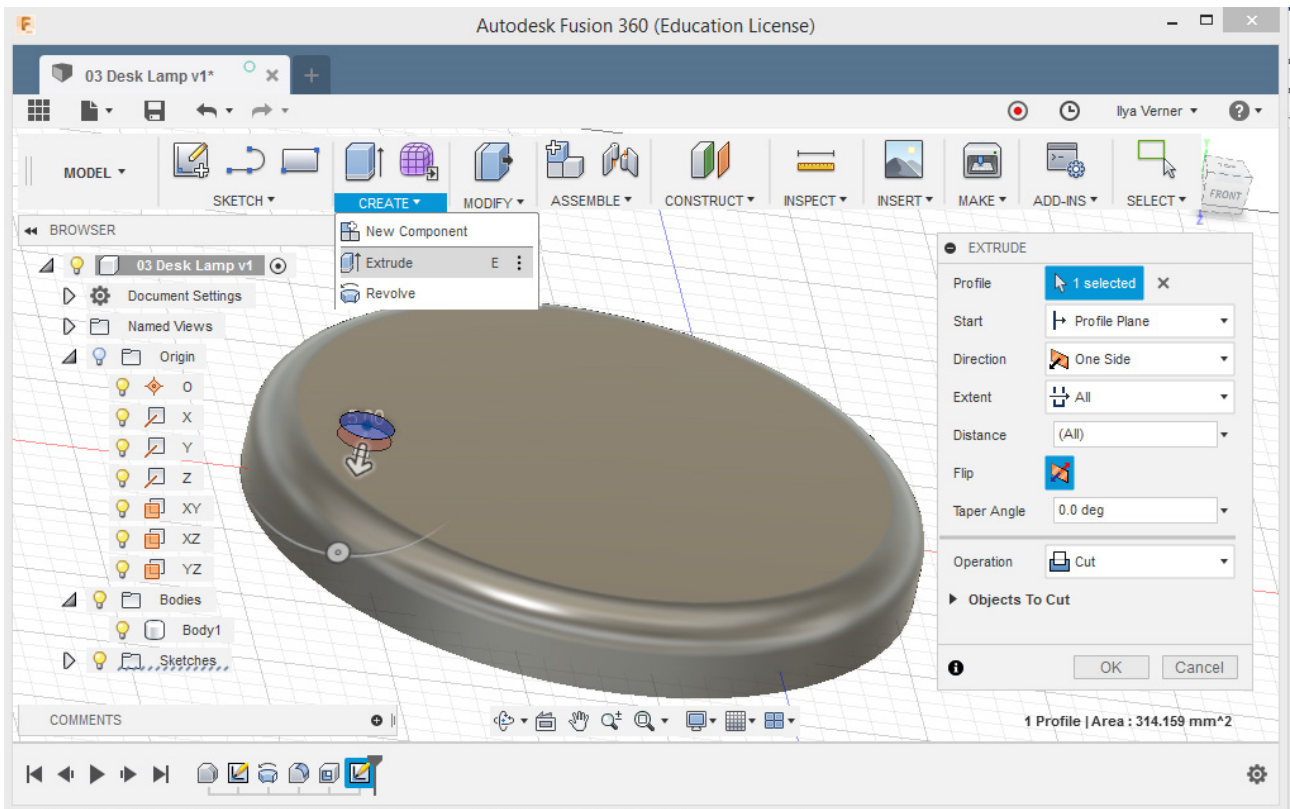
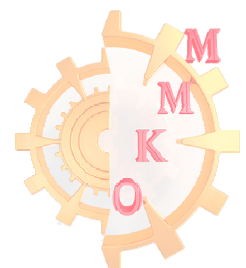


Рис. 62. Створення отвори командою видавлювання Extrude

Створення стрижня настільної лампи



Створіть ескіз на площині Front. Проверните модель щоб верхня поверхня з отвором була видна на екрані. Спроектуйте в ескіз середню лінію по отвору використовуючи команду Sketch - Project / Include - Intersect.

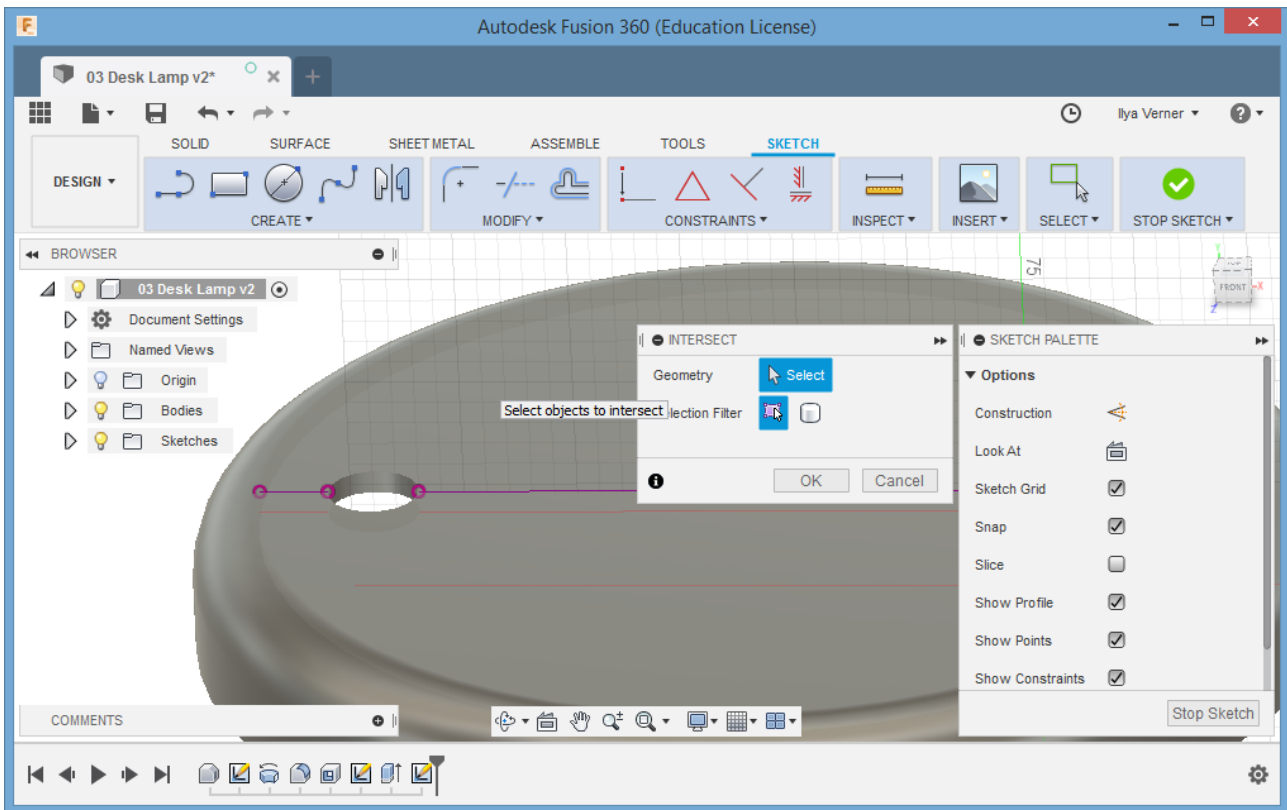


Рис. 63. Проектування геометрії в ескіз

Між двома точками на отворі проведіть пряму лінію. Перейдіть у фронтальний вид натиснувши на видовому кубі вид Front. Активуйте команду створення лінії і наведіть курсор між двома точками отвори, поки не спрацює прив'язка середини відрізка. Проведіть вертикальну лінію з середньої точки і задайте їй довжину 25 мм.

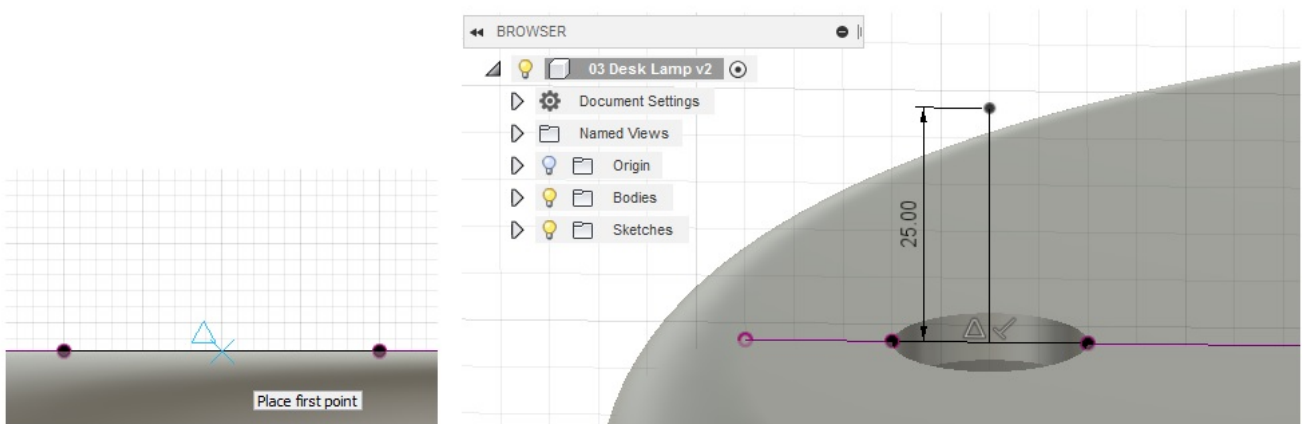


Рис. 64. Створення допоміжних елементів профіля для ніжки



Переведіть відрізок побудований по отвору в допоміжну геометрію, для чого виділіть його і на палітрі ескізу в розділі Option виберіть Constructions (допоміжні побудови).

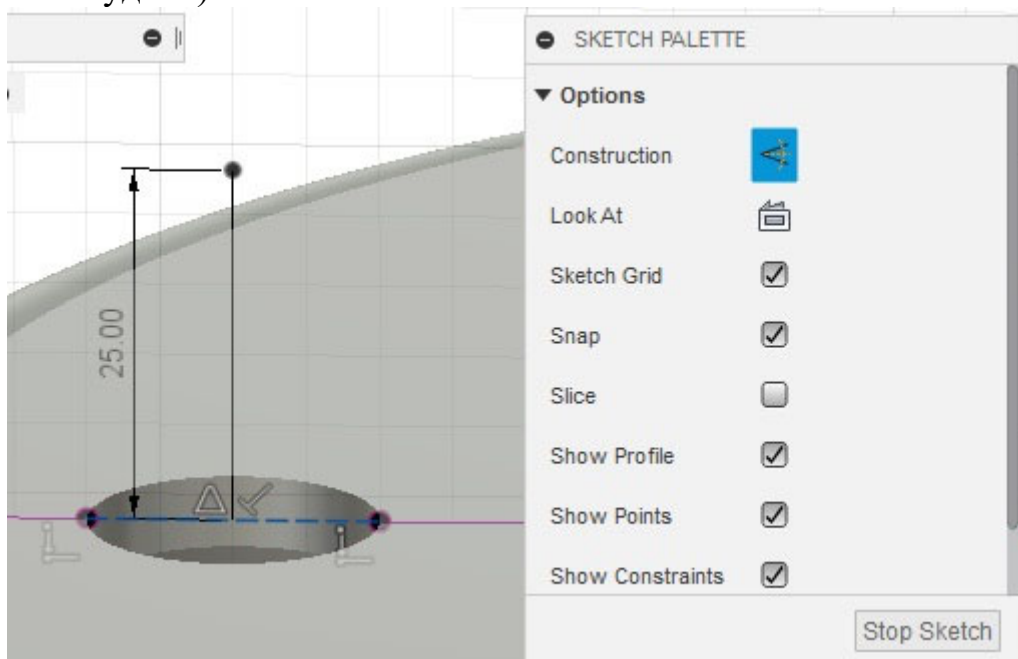


Рис. 65. Допоміжні побудови

Перейдіть у фронтальний вид і добудуйте геометрію стрижня лампи орієнтуючись на приклад. Побудови можуть вестися виключно за допомогою лінії, в потрібних місцях лінію можливо переключити в режим створення дуг. Для створення дуги в режимі роботи з лінією клацніть на кінцеву точку лінії і затисніть кнопку миші, перетягніть курсор в потрібне місце для створення дуги.

Задайте розмір між верхній поверхні підставки і останньою крапкою прямої 650 мм. Встановіть радіус округлення 70 мм. Встановіть 320 мм між центром заокруглення і верхньою межею підставки.



Рис. 66. Встановлення розмірів в різних частинах лампи



Встановіть 82 градуси між нижньою частиною стержня і підставою лампи. Додайте скруглення командою Sketch - Modify - Fillet між нижніми двома лініями стрижня лампи з параметром 25 мм. З'явиться повідомлення про помилку (недостатньо геометрії для заокруглення). Закрийте ескіз і збережіть документ.

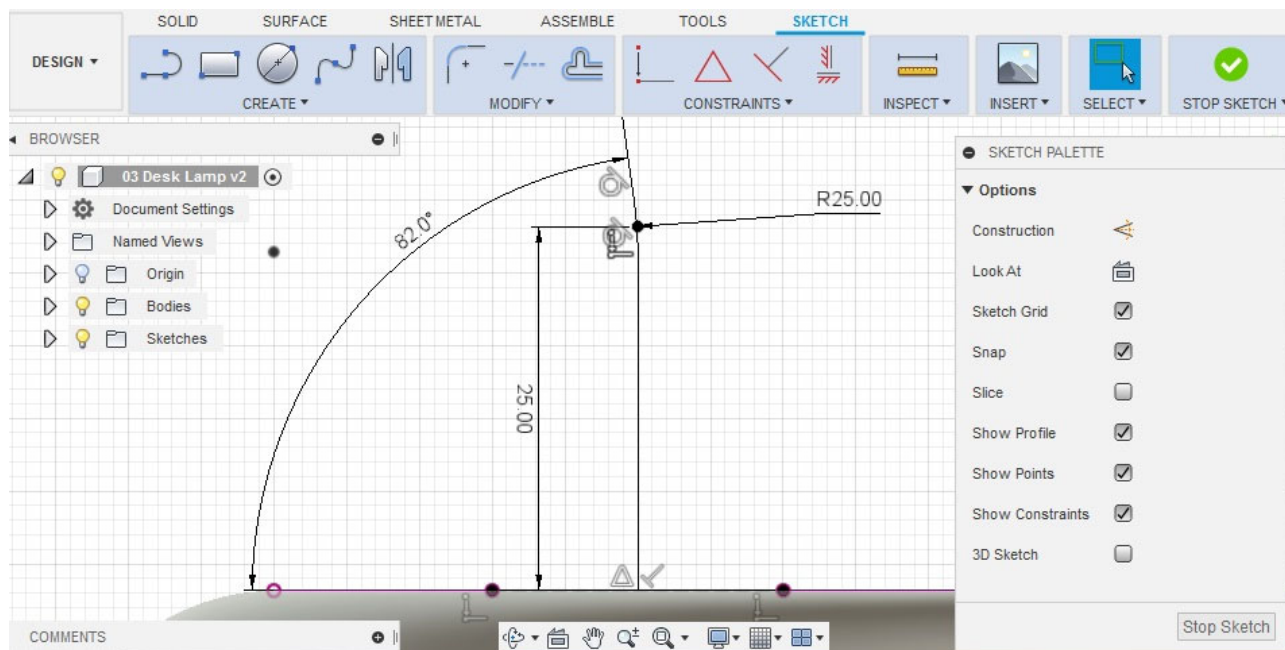
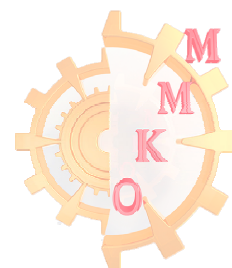


Рис. 67. Застосування команди закруглення

Додання обсягу стрижня лампи

Для додання обсягу профілем стрижня лампи використовуємо команду протягання, для чого активуйте команду Solid - Create - Sweep. Як профілю Profile вкажіть отвір 20 мм на поверхні підставки. Як траєкторії Path вкажіть лінії стержня. Застосуйте команду натиснувши ОК.

Перевірте щоб в папці тел оглядача були два тіла: одне для підставки, інше для стержня. Збережіть документ.



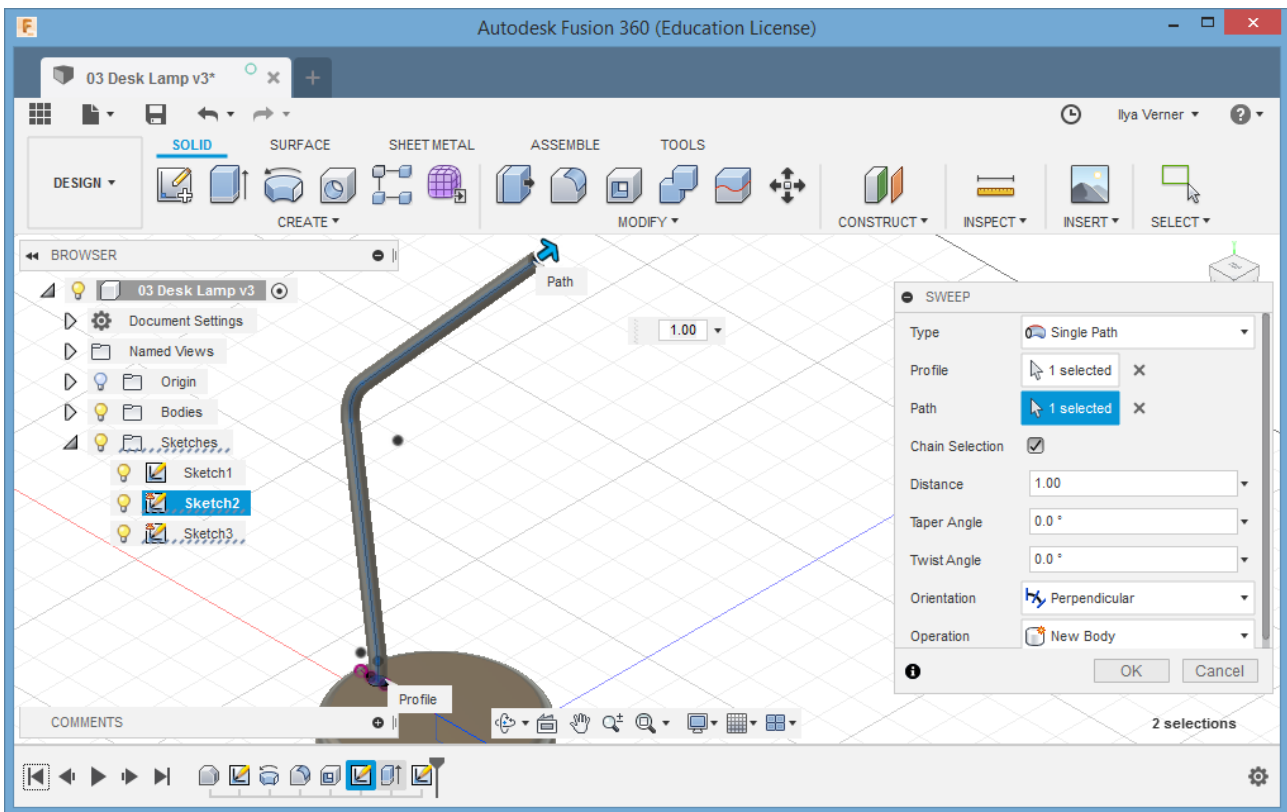


Рис. 68. Робота з операцією протягання Sweep

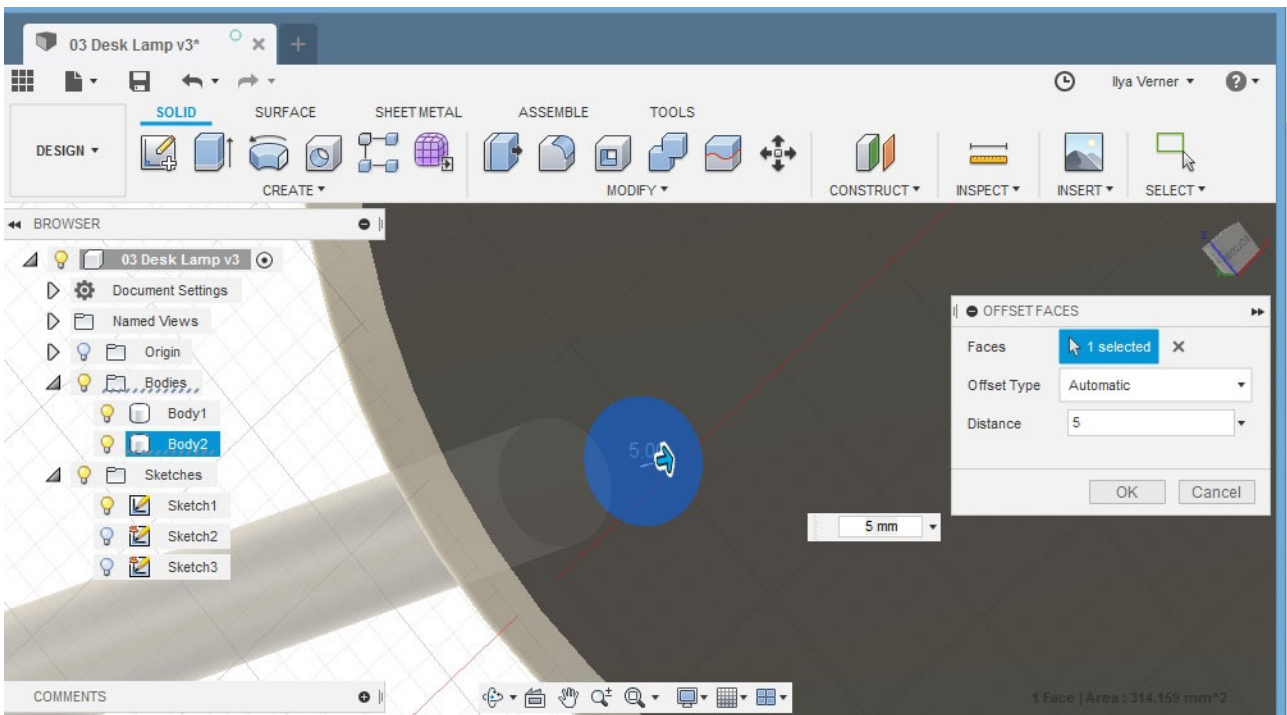
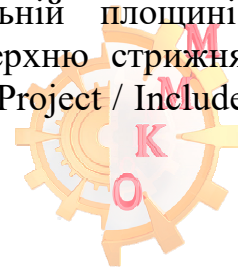


Рис. 69. Нарощування стрижня командою Press Pull (Q)

Створення кріплення для патрона лампи

Створення ескізу патрона. Створіть ескіз на фронтальній площині. Проверните вид таким чином, щоб була видна верхня поверхню стрижня лампи. Використовуйте команду проектування Sketch - Create - Project / Include - Intersect.



Перейдіть у фронтальну площину і прокреслите перпендикуляр з центру спроектованого відрізка.

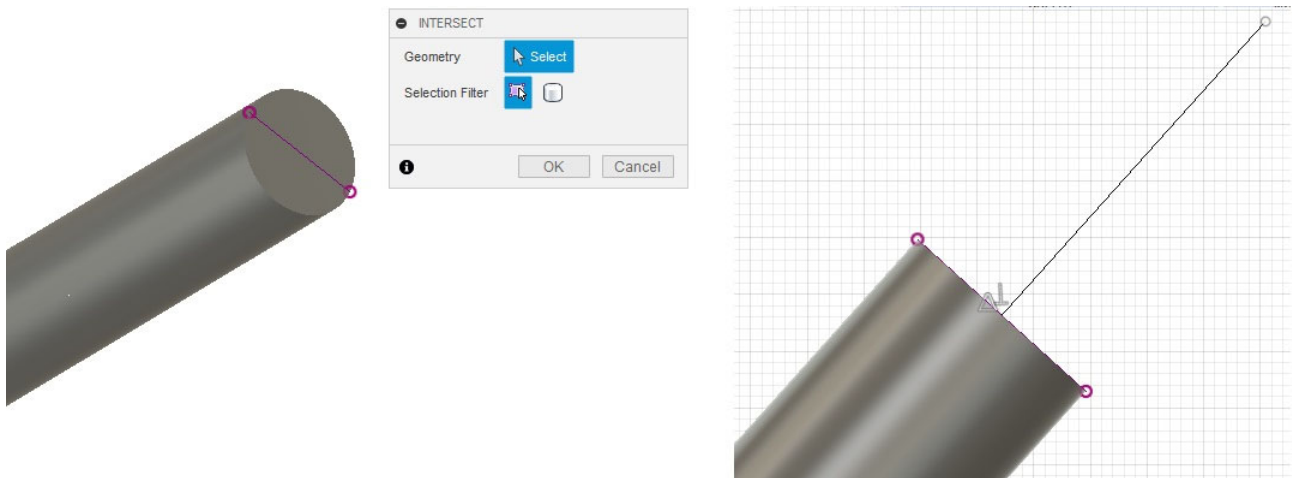


Рис. 70. Команда проектування геометрії і створення перпендикуляра

Додайте три лінії для створення чотирикутника. Встановіть обмеження перпендикулярності. Бічній стороні задайте розмір 22 мм, іншій стороні задайте розмір 14 мм. На стороні 22 мм йде з центру проведіть лінію до неї перпендикулярну ближче до нижньої частини. Задайте їй відстань від стрижня 6 мм.

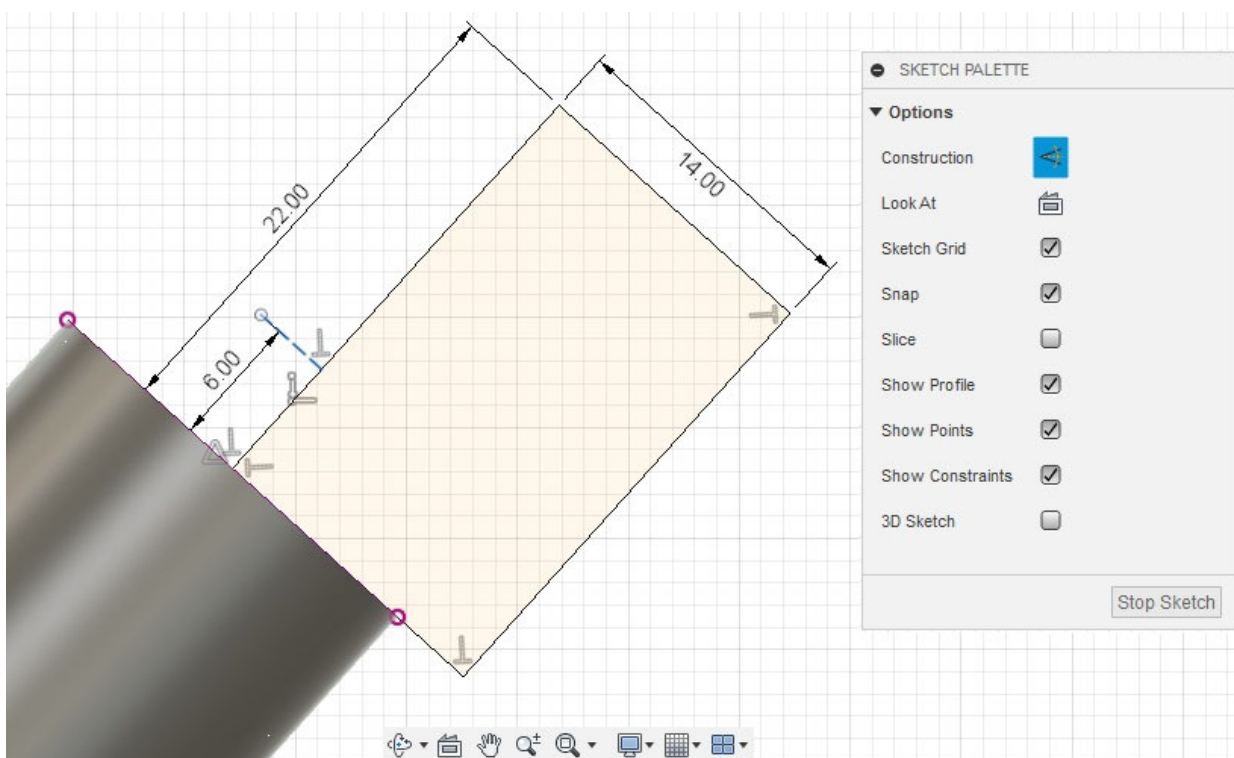
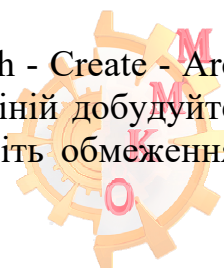


Рис. 72. Створення ескізу профілю

Створіть дугу, приєднану до допоміжної лінії командою Sketch - Create - Arc - Tangent Arc. Задайте радіус дуги 8 мм. За допомогою трьох ліній добудуйте геометрію від дуги до верхнього краю прямокутника. Встановіть обмеження



Колінеарність і перпендикулярності. Встановіть кут 10 градусів між зовнішньою і внутрішньою лінією.

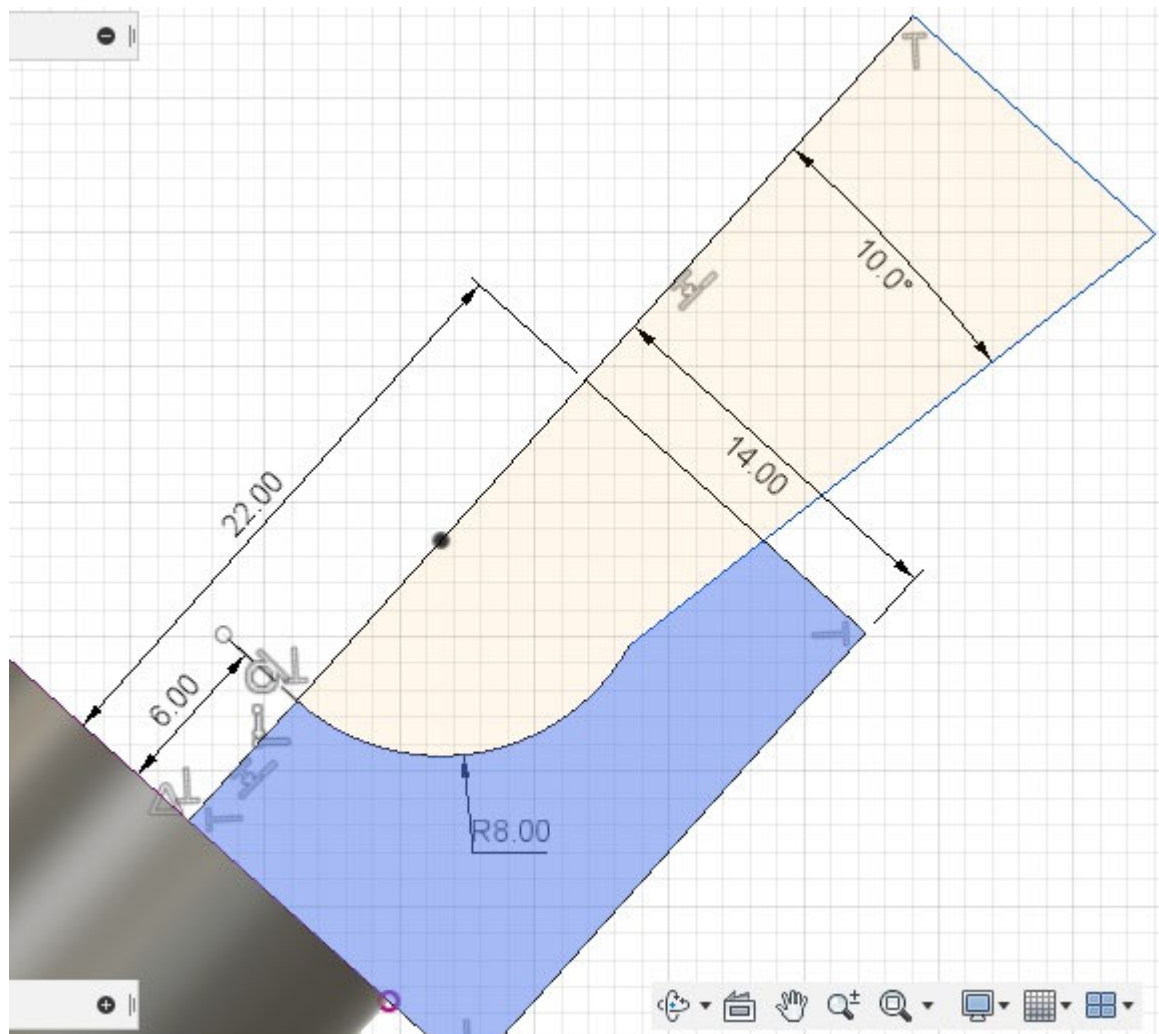
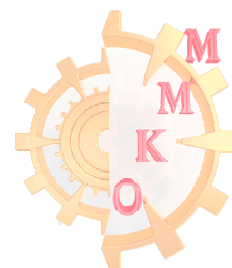


Рис. 73. Додавання профілю кріплення

Використовуючи лінію добудуйте прямокутник і встановіть обмеження перпендикулярності. Задайте розміри 2 мм на 8 мм.

Перемістіть зовнішню грань другій частині всередину і задайте відступ від краю всередину на 2 мм. Встановіть розмір 32 мм від верхньої частини до нижньої частини дуги.

Закрийте ескіз і збережіть документ.



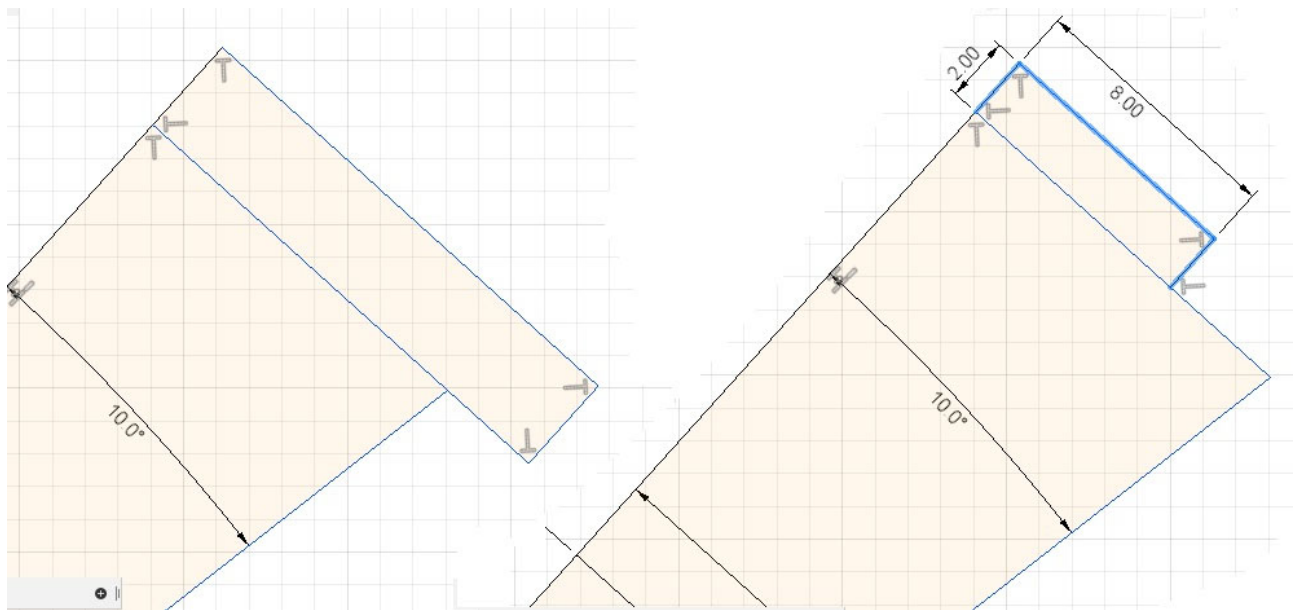


Рис. 74. Налаштування профілю

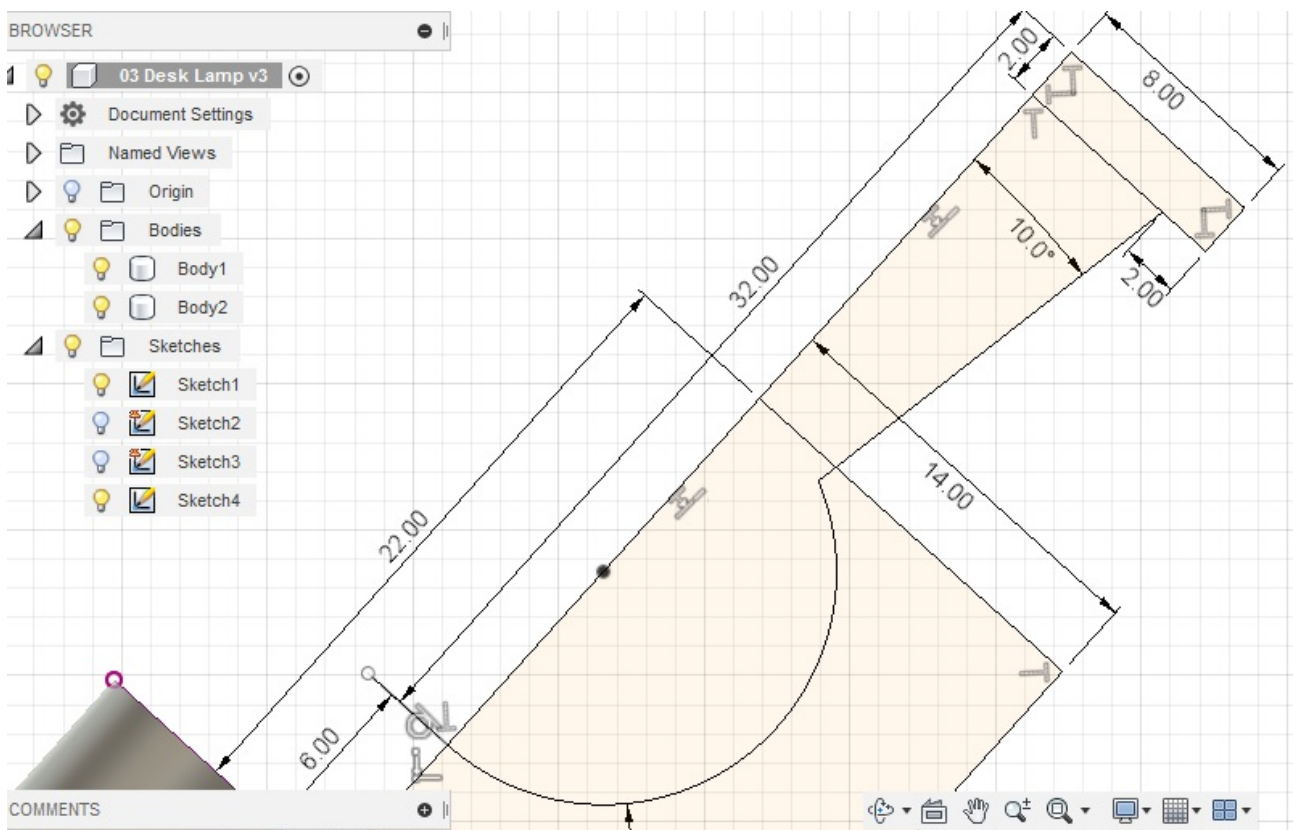
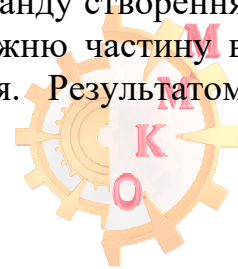


Рис. 75. Фінальна форма профілю

Створення моделі патрона. Задайте ескізу 4 (Sketch 4) ім'я "Ball Joint" для чого в браузері розгорніть папку ескізів і двічі клацніть по імені четвертого ескізу задайте йому необхідне ім'я.

Створіть новий ескіз на фронтальній площині. Активуйте команду створення тіл обертання Solid - Create - Revolve. Виберіть зовнішню нижню частину в якості профілю і внутрішню лінію в якості осі обертання. Результатом виконання операції виберіть зі списку створення компонента.



У браузері з'явиться компонент 1, перейменуйте його в "Ball Joint Socket". У контекстному меню компонента виберіть команду Ground для заборони переміщень компонента.

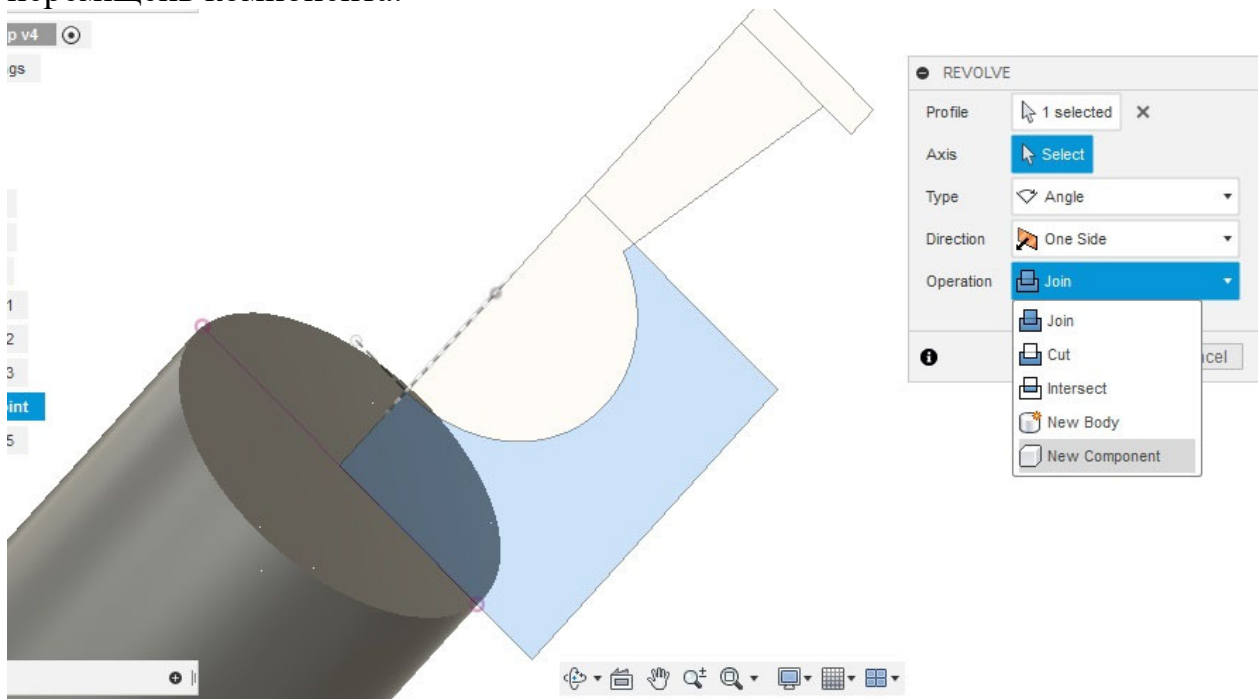


Рис. 76. Обертання профілю кріплення лампи

Створимо новий порожній компонент за допомогою команди Assembly - New Component. Вимкніть пункт Parent і виділіть самий верхній пункт в браузері. Назвіть компонент Ball Joint.

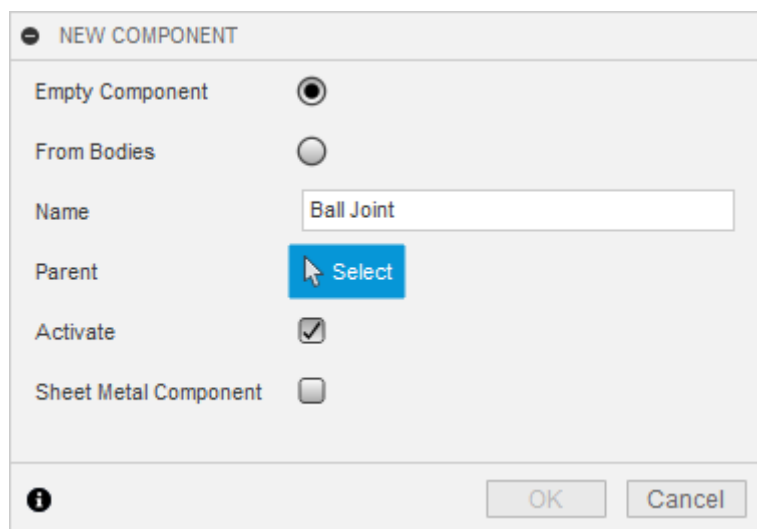


Рис. 77. Створення нового компонента за допомогою команди створення

Використовуючи команду створення тіл обертання Solid - Create - Revolve створіть нове тіло. З метою усунення плутанини перейменуйте тіла в браузері: "Lamp Base" (підставка лампи), "Lamp Arm" (стрижень лампи), "Socket" (патрон), і "Ball" (шарнір) відповідно.



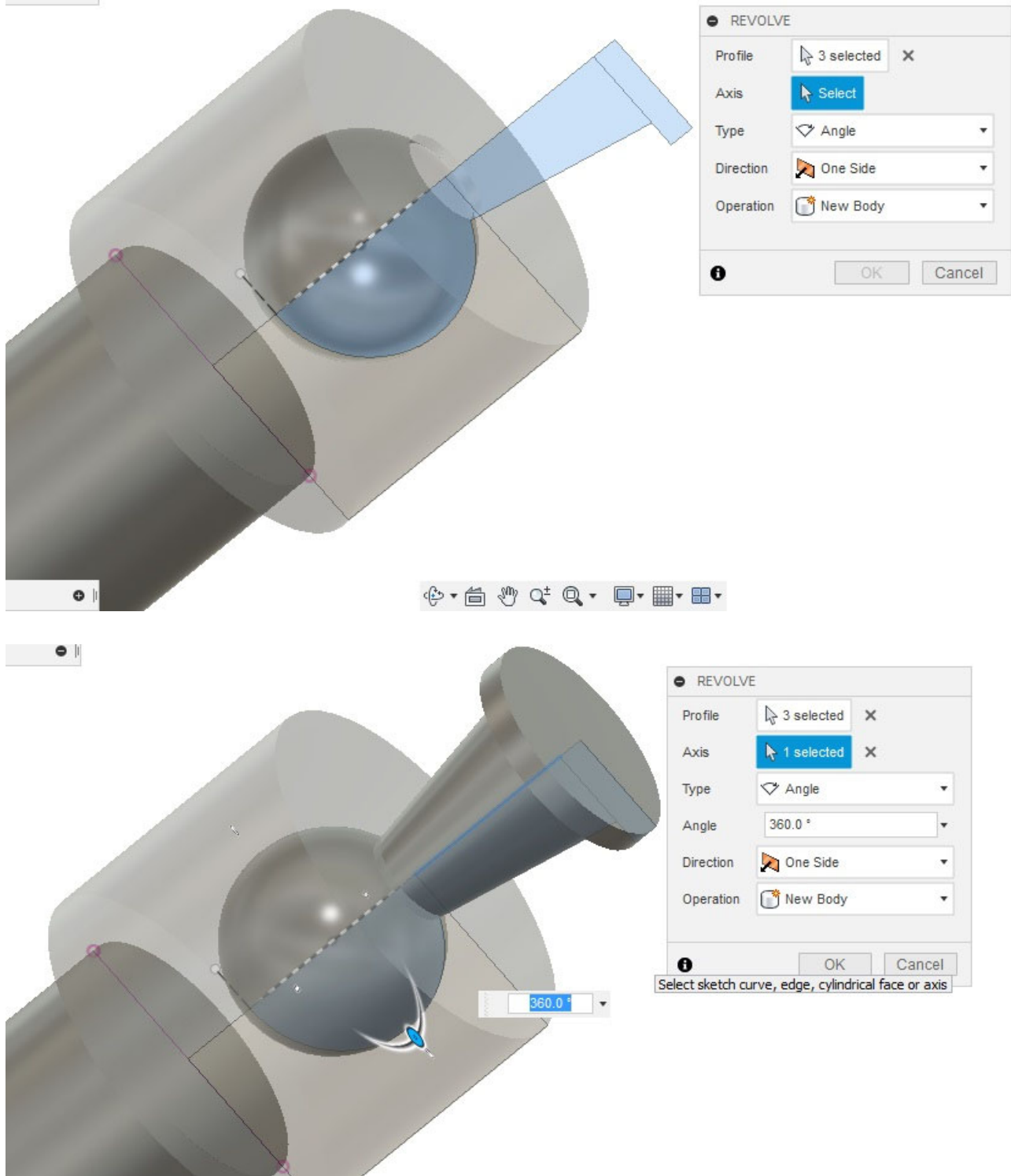
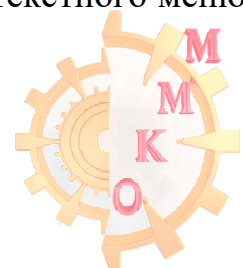


Рис. 78. Налаштування команди оберту

Активуйте перемикач на верхньому елементі браузера з назвою 03 Desk Lamp v4. В папці тел виділіть тіла "Lamp Base" і "Lamp Arm", викличте контекстне меню і застосуєте команду створення компонентів на базі тел Create Components from Bodies. Використовуйте команду Ground з контекстного меню отриманих компонентів для закріплення їх позицій в просторі.

Збережіть документ.



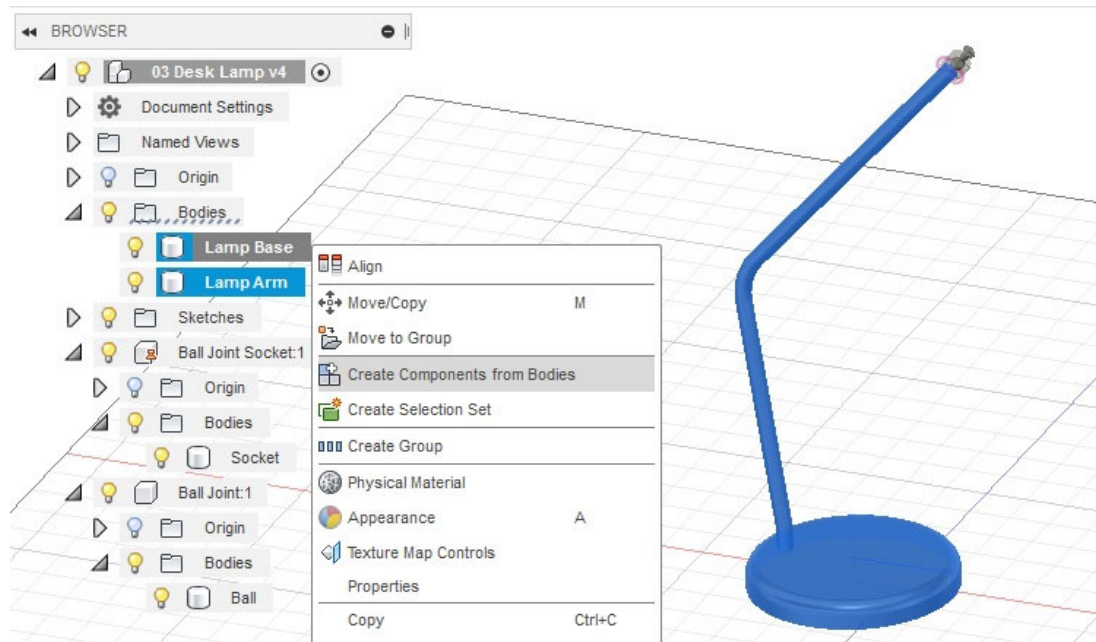


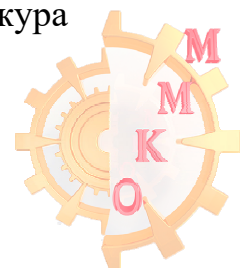
Рис. 79. Створення компонентів з тіл

Створення абажура

Створення ескізу для абажура. Даний елемент володіє складною геометрією і створити його, не орієнтуючись на зразок спочатку буде складно. Тому ми візьмемо за зразок зображення абажура лампи з інтернету або запропоноване в цій роботі.



Рис. 80. Приклад профілю лампи для побудови абажура



Для використання запропонованого профілю лампи його необхідно перевести в растрове зображення формату JPG. Для цього зробіть знімок екрана, відкрийте Paint і вставте зображення. Збережіть в необхідному форматі.

Далі отримане зображення необхідно вставити у Fusion 360 для використання в якості зразка для наслідування. Для цього скористаємося командою Insert - Attached Canvas. В поле Select Image виберіть файл зображення лампи, виберіть фронтальну площину для установки в видовому екрані. Подгоните масштаб і положення зображення керуючими елементами або чисельними значеннями.

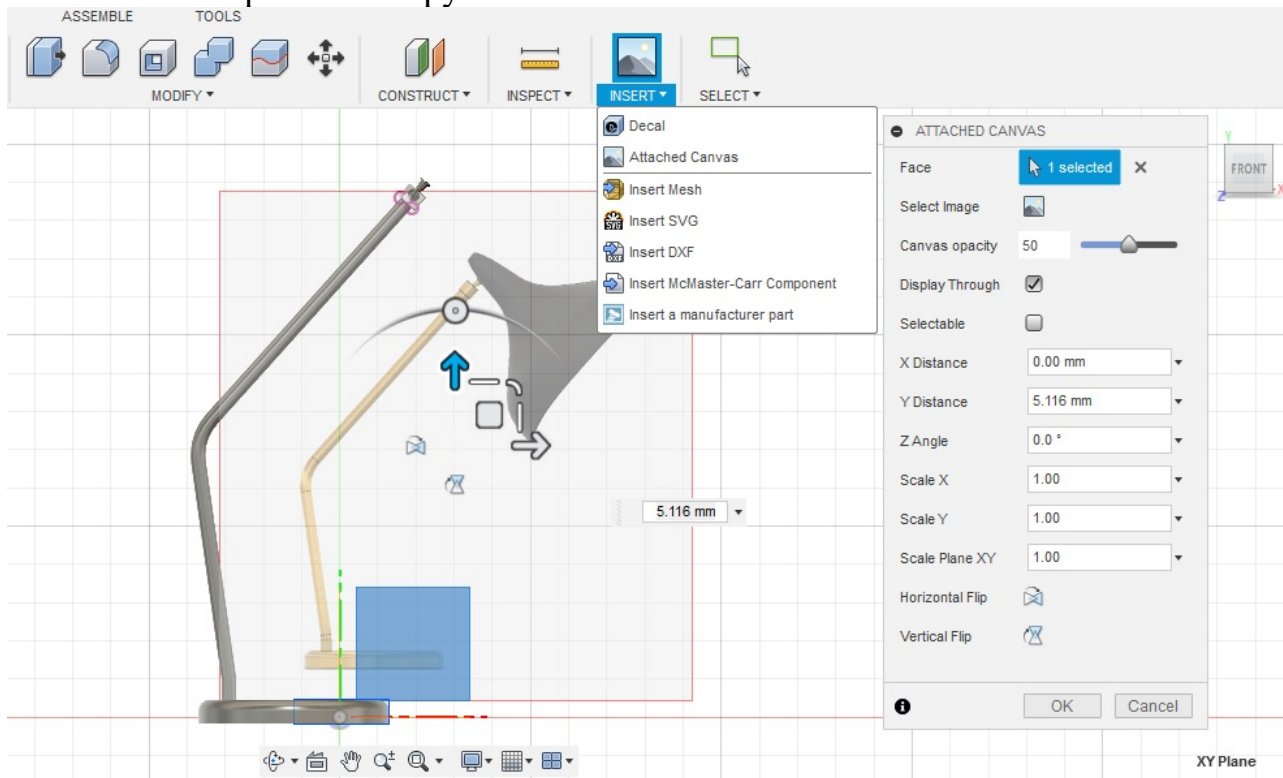
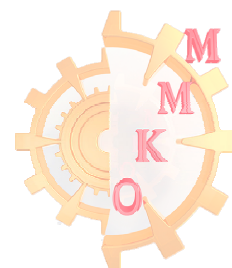


Рис. 81. Вставка зовнішнього графічного документа

У браузері з'явиться папка для впроваджених зображень з назвою Canvas. Розкрийте її і знайдіть ділянку, що відповідає назві впровадженого файлу. Для підгонки розмірів зображення виберіть з контекстного меню виділеної канви команду калібрування Calibrate. Виділіть крайні горизонтальні точки на підставці лампи з зображення і задайте 250 мм.

Якщо після калібрування необхідно заново встановити позиції зображення з контекстного меню канви виберіть команду редагування Edit Canvas. За допомогою керуючих елементів виконайте установку в потрібне місце і застосуєте команду.



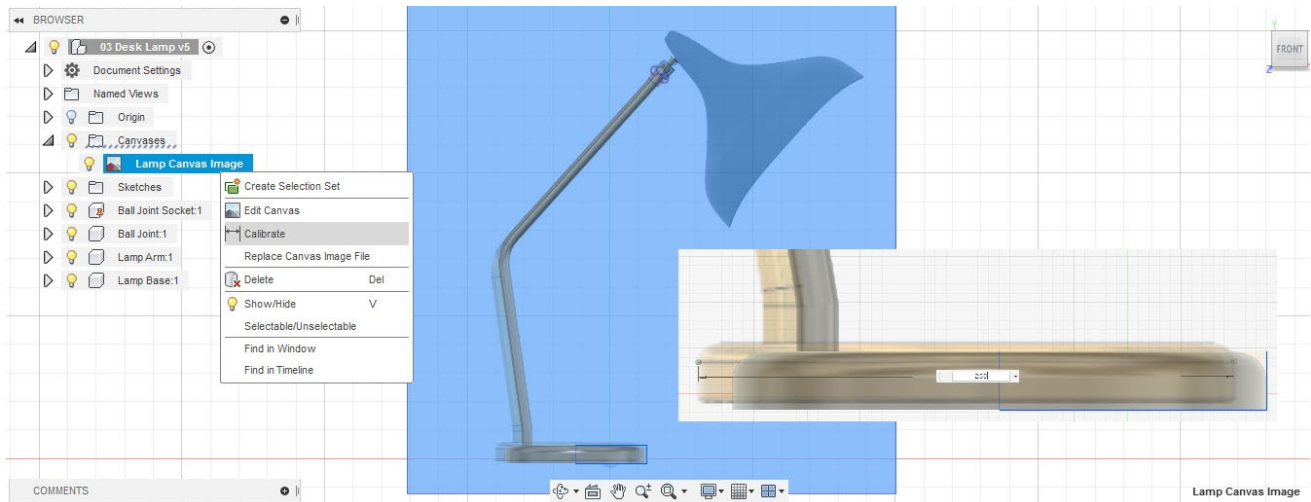


Рис. 82. Калібрування розмірів впровадженого зображення

Створіть ескіз на фронтальній площині. Створіть дві перпендикулярні лінії для зовнішньої і середньої частини абажура. Задайте лініях розміри 275 мм і 182 мм відповідно. Кут між верхньою лінією і поверхнею підставки лампи 40.5 градусів.

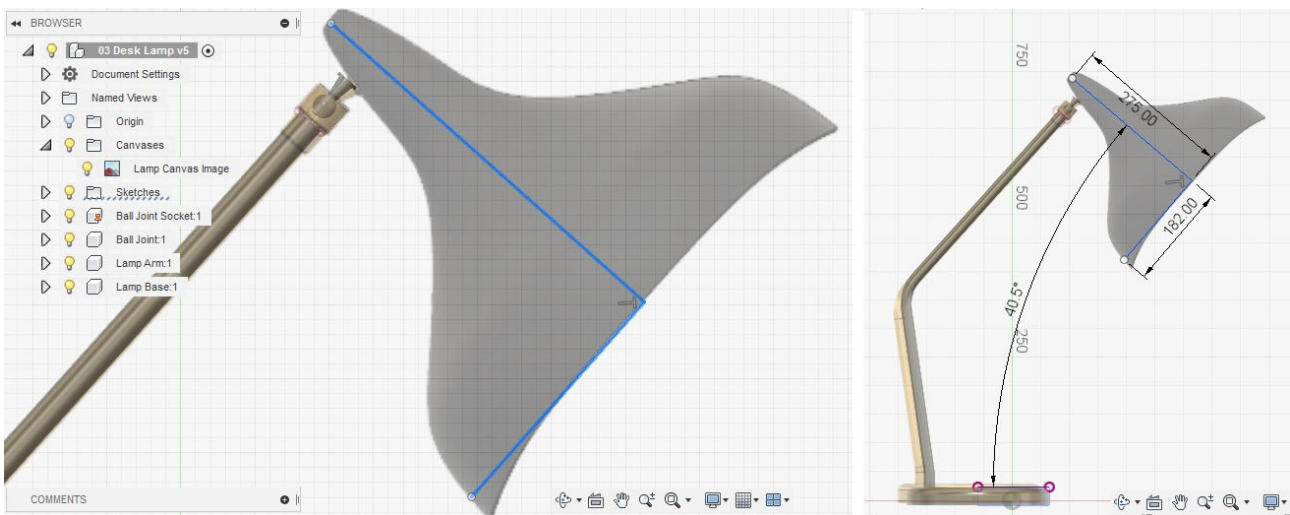
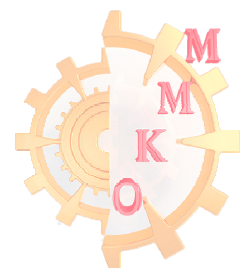


Рис. 83. Створення контуру абажуру

Створіть сплайн з трьох опорних точок для профілю поверхні лампи скориставшись командою Sketch - Create - Spline - Fit Point Spline. У кожній з трьох опорних точок є керуючі елементи, що дозволяють змінювати форму кривої. З їх допомогою надайте необхідну форму контуру. З'єднайте лінією верхні частини замкнувши контур. Задайте цієї лінії тип допоміжної. Вийдіть з ескізу і збережіть документ.



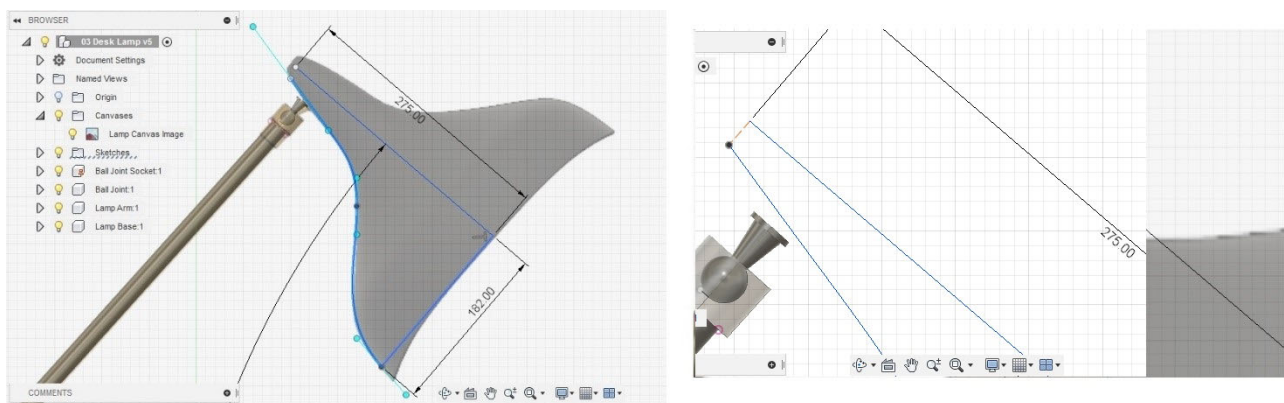


Рис. 84. Налаштування профілю форми абажуру

Створення тривимірної поверхні абажура. Використовуємо моделювання поверхонь за допомогою форм. Створіть форму командою Solid - Create -Form. Застосуйте команду створення тіл обертання Form - Create - Revolve. Як профілю обертання виберіть замкнутий контур, як осі обертання верхню лінію 275 мм.

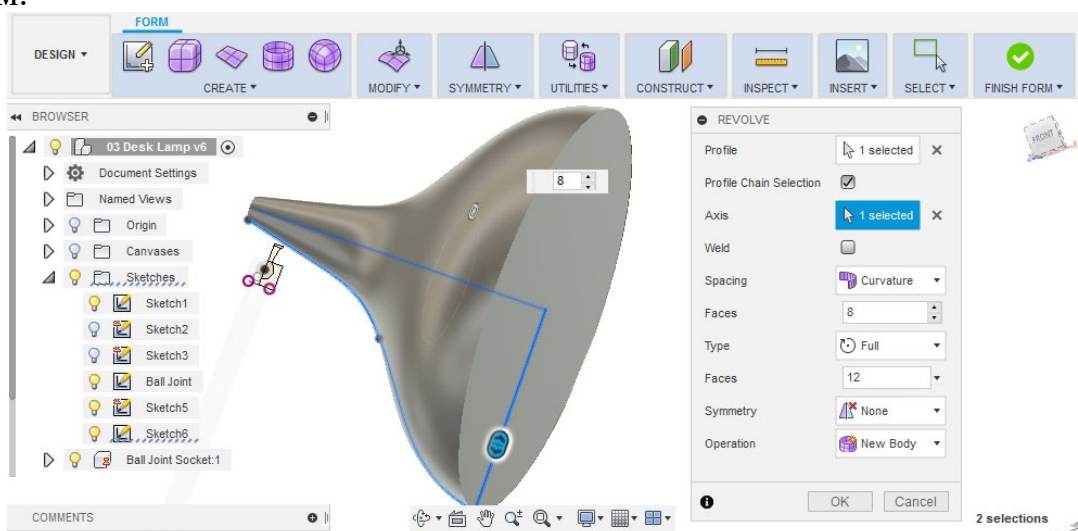
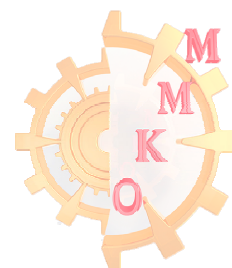


Рис. 85. Моделювання в режимі форм

Закриємо маленький отвір зверху абажура командою Form - Modify - Fil Hole. Виділіть грань яка йде по отвору і форму зірки для закриття. Використовуючи команду Form - Modify - Edit Form редагуючи положення точок, ребер або граней надайте абажуру бажану форму. Закрийте форму. Збережіть документ.



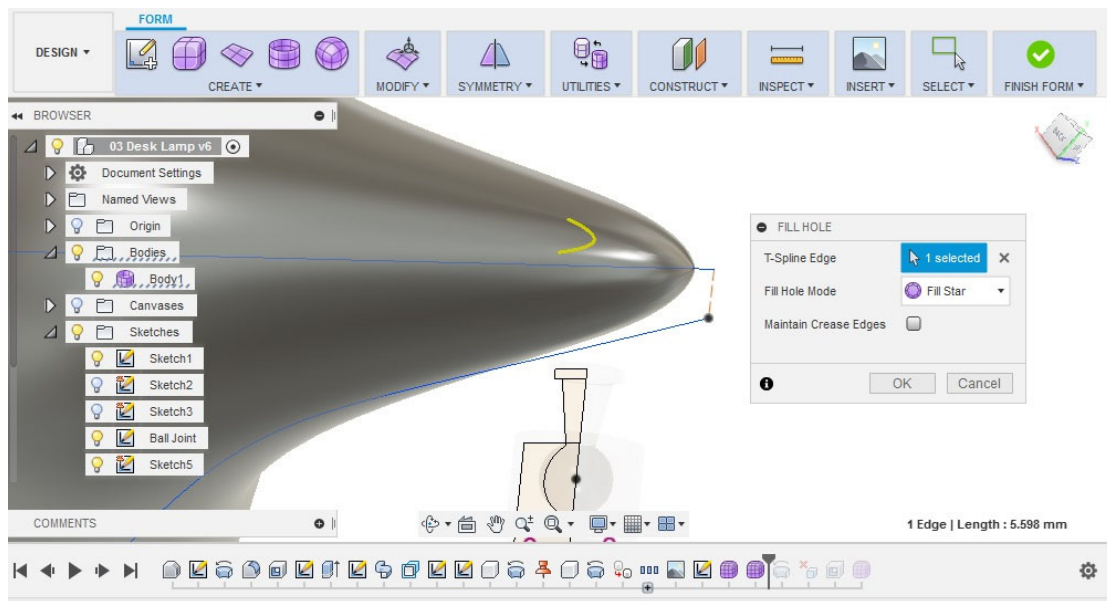


Рис. 86. Команда закриття порожнин

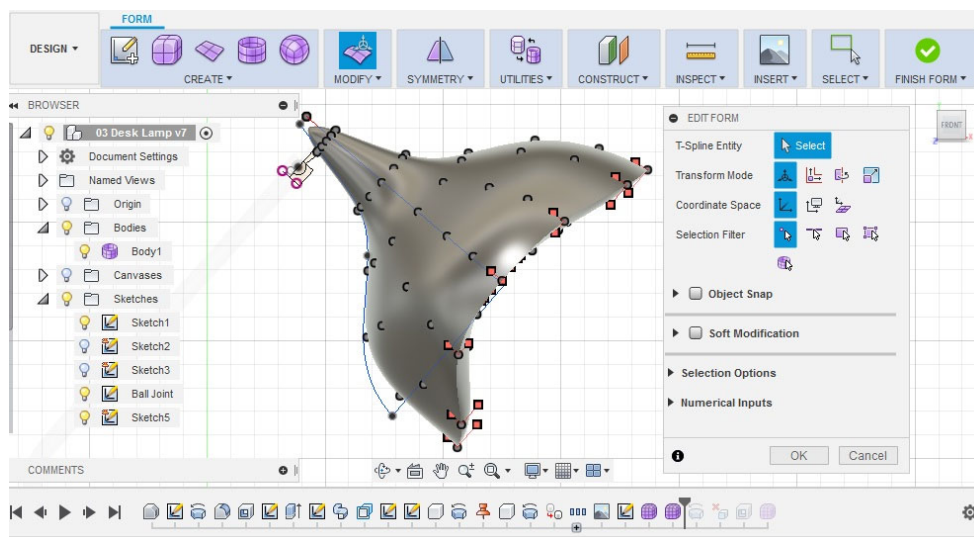


Рис. 87. Редагування форми в режимі точок

Створіть отвір в абажурі командою Solid - Create - Shell товщину стінки вкажіть 2 мм. Перейменуйте отримане для абажура тіло в "Lamp Shade". Створіть з отриманого тіла компонент.

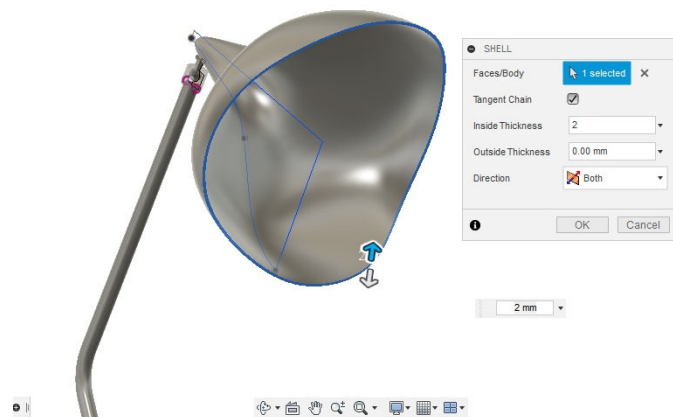
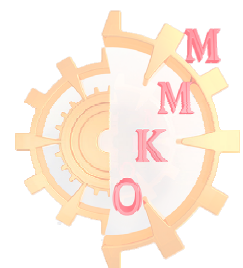


Рис. 88. Надання товщини тонкому елементу



Робота зі складанням

Створення нерухомих груп компонентів

Для об'єднання окремих компонентів, що не допускають переміщення відносно один одного в групі необхідно використовувати меню роботи зі складками. На компонентах зі стікером виберіть команду Unground з контекстного меню. Активуйте команду створення нерухокої групи з вкладки збірки Assemble - Rigid Group. Далі виберіть наступні компоненти: Lamp Base, Lamp Arm і Ball Joint Socket.

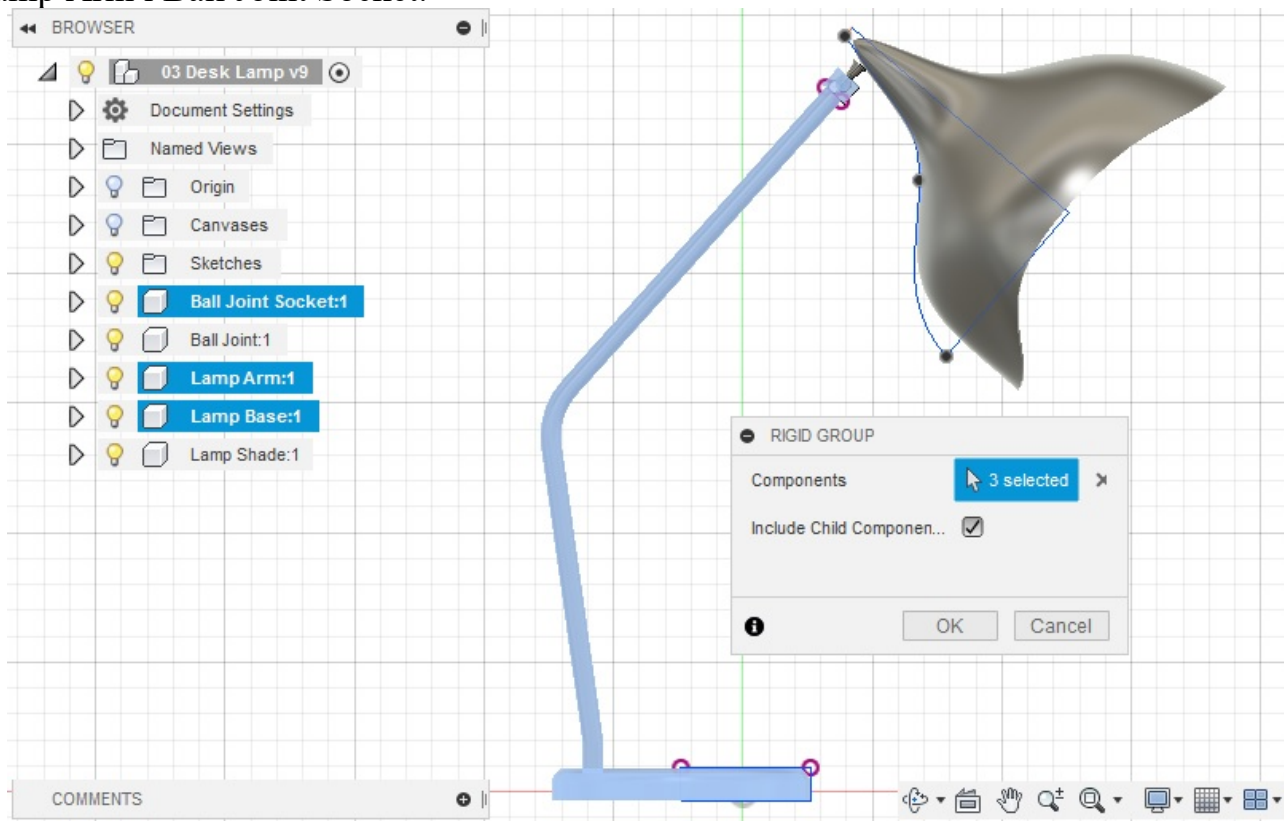


Рис. 89. Створення нерухокої групи компонентів

У браузері з'явиться папка обмежувачів Joints. Розгорніть її та перейменуйте отриману RigitGroup1 групу в RigidBase. Перегляньте шкалу часу знизу і наведіть курсор на індикатор будь-якої операції для відображення підказки. Можна повернутися на потрібну кількість операцій назад або клацнути правок кнопкою миші по піктограмі операції і вибрати в меню пункт редагування операції. Збережіть документ.

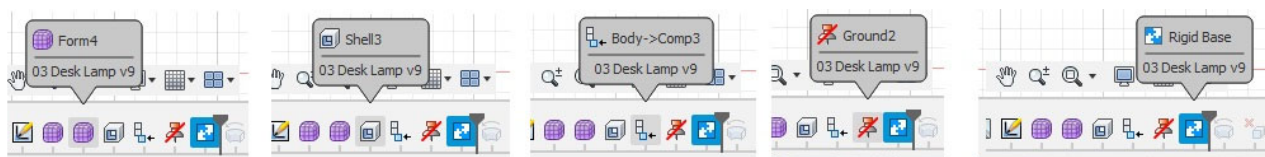
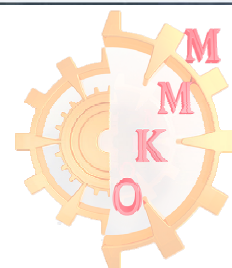


Рис. 90. Вид на шкалі часу

Створення зв'язків, що обмежують рух



Обмежимо можливості руху компонента Ball Joint всередині компонента Ball Joint Socket. У браузері відключіть видимість компонента абажура Lamp Shade погасивши лампочку перед назвою компонента.



Рис. 91. Вид браузера з компонентами

Для створення рухомих сполук скористаємося обмежувачами As-build Joint. Активуйте команду Assemble - As-build Joint встановіть тип обмежувача вибравши зі списку Type позицію Ball (обертання) і виділіть компонент Ball Joint. Потім виділіть компонент Ball Joint Socket і відключіть в браузері його видимість, щоб він не заважав. В якості точки центру обертання вкажіть цент сферичної нижньої частині. З'явиться прапорець в центрі обертання і компонент повернеться демонструючи роботу обмежувача.

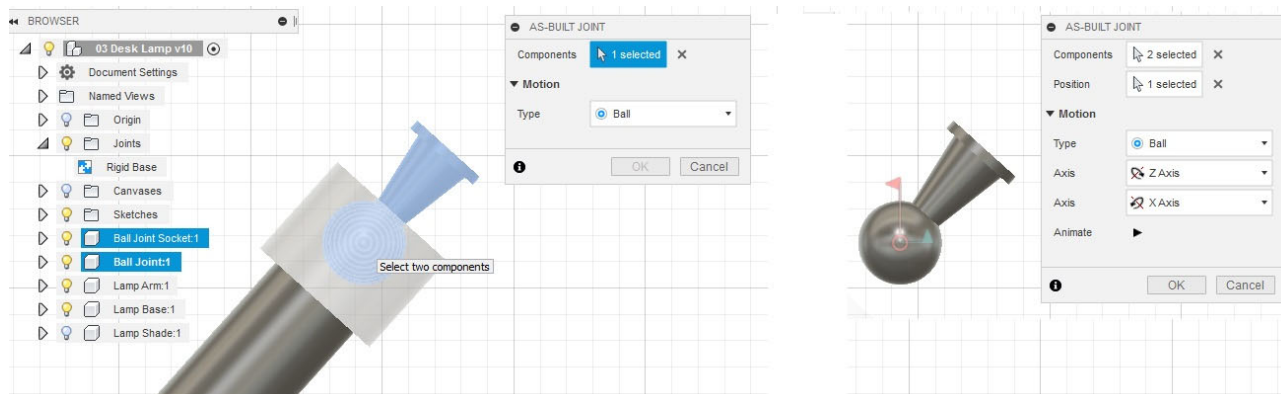
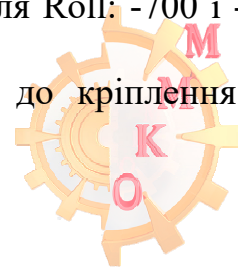


Рис. 92. Установка обмежувача обертання компонента

Вимкніть відображення Ball Joint і включіть видимість Ball Joint Socket. Змінимо діаметр отвору за допомогою команди Solid - Modify - Press Pull і виділимо внутрішню грань отвору. Встановіть параметр з від'ємним значенням - 3 мм.

Увімкніть відображення всіх компонентів. Відредагуйте параметри обмежувача обертання натиснувши на команду його контекстного меню в браузері Edit Joint Limits. Для того щоб можна було точно обмежити обертання об'єкта потрібно задати параметри щодо трьох осей обертання, відповідно осі: Pitch, Yaw і Roll. Для осі Pitch: мінімум 300 максимум 600, для Yaw: 00 і 3600 для Roll: -700 і -400. Застосуйте зміни.

Перейдіть у фронтальний вид і встановіть абажур впритул до кріплення. Натисніть Position - Capture Position.



Збережіть документ.

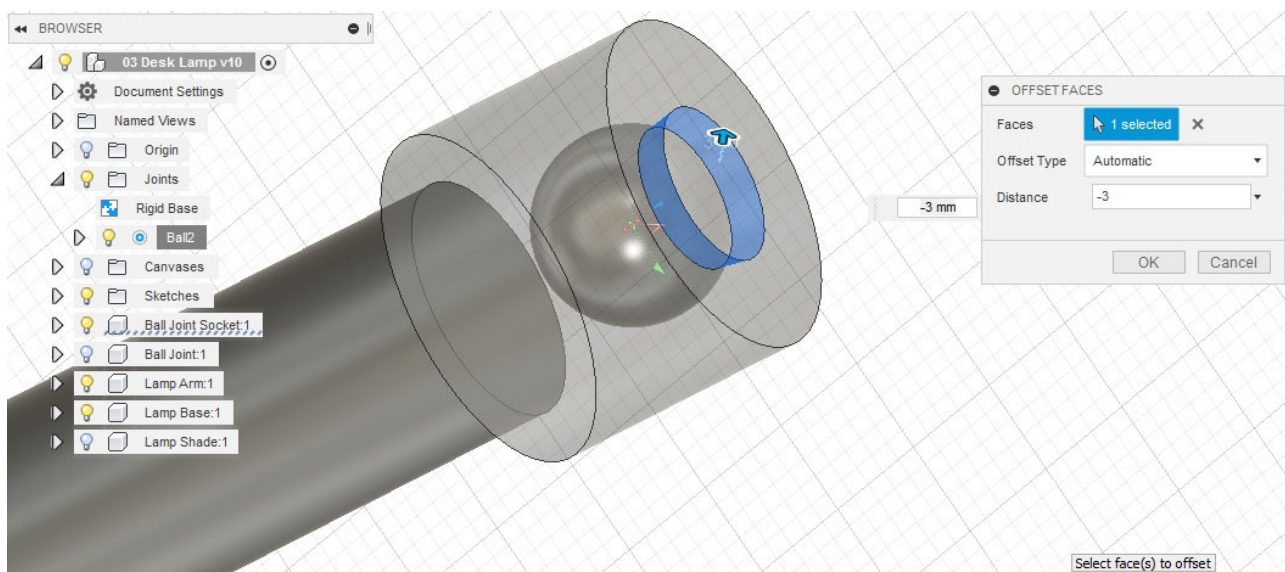


Рис. 93. Зміна розміру існуючого отвору

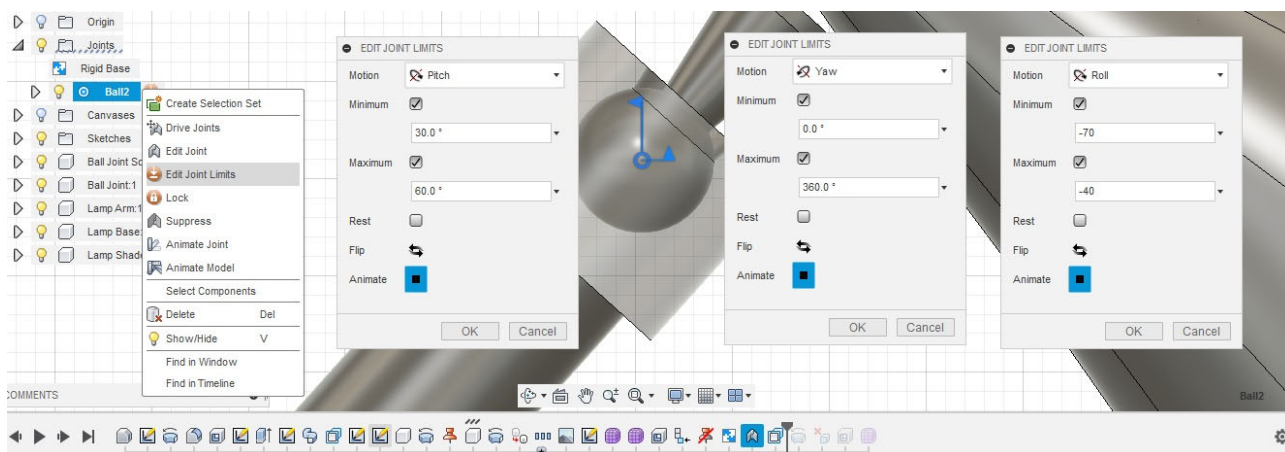


Рис. 94. Редагування параметрів обмежувача обертання

Створення креслень

Розглянемо створення креслень на базі існуючої моделі лампи. Перш за все відкрийте модель лампи. Потім скористайтеся командою створення креслення по моделі, для цього можна скористатися пунктом меню File - New Drawing - From Design, або аналогічної командою з панелі інструментів Design - Drawings - From Design (рис).

Після застосування команди створення з'явиться панель налаштувань креслення, в якій слід вказати формат паперу в пункті Sheet Size, одиниці вимірювання в пункті Units. Застосуйте команду.

Після створення документа креслення активується команда установки базового виду моделі (рис.). Встановіть в лівому верхньому кутку базовий вид і підберіть відповідний формату обраної паперу масштаб Scale і вид відображення Style, за регулювання відображення граней відповідає вкладка Edge Visibility.



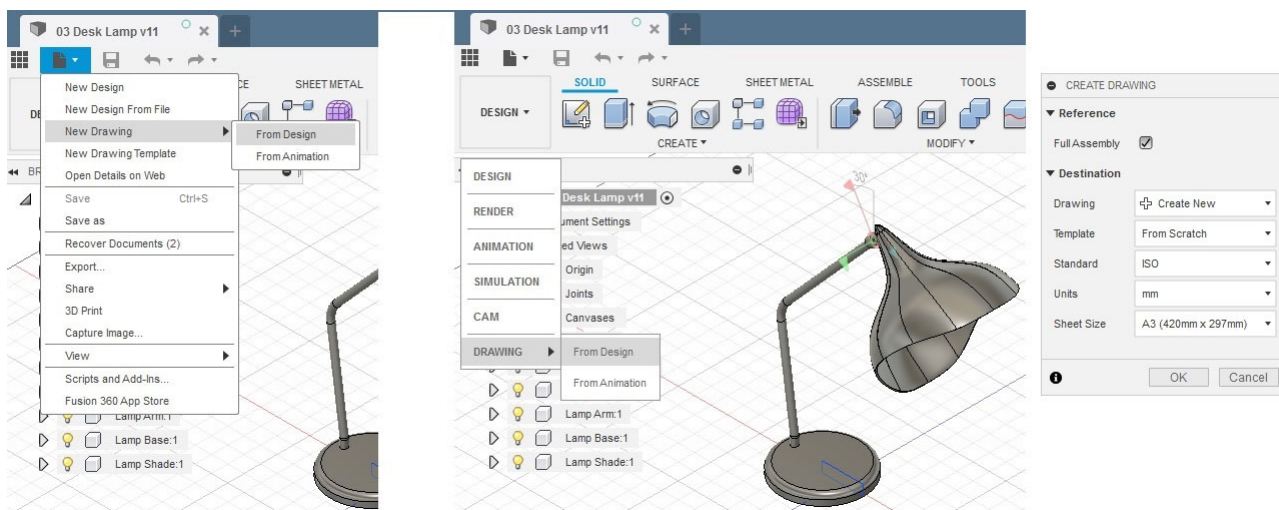


Рис. 95. Команда створення креслення на базі існуючої моделі

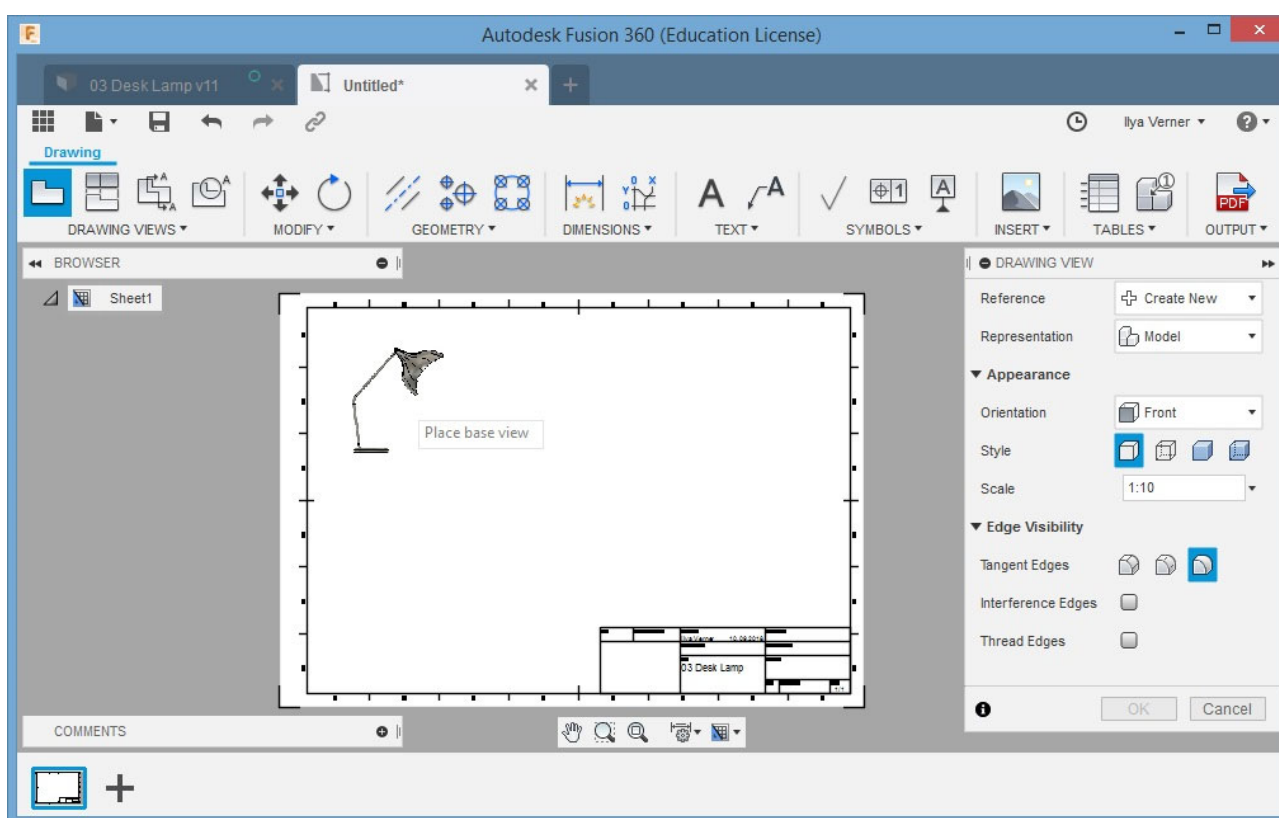


Рис. 96. Команда вставки базового виду в креслення

Для вставки потрібні видів скористаємося командою вставки проєкційних видів з панелі інструментів Drawing - Projected View. Після активації команди натисніть лівою кнопкою миші на головний вид і винесіть потрібні види з нього, вниз, вліво і між ними (рис.). Кожен вид закріпіть, клацнувши лівою кнопкою миші в місці його установки. Вимкніть команду клавішею Esc, або натисніть праву кнопку миші і виберіть команду ОК.

Для редагування відображення виду увійдіть в редагування параметрів подвійним клацанням лівої кнопки миші на відповідному виді.

Активуйте команду проставлення розмірів Dimensions - Dimensions, або комбінацією клавіш D. Встановіть необхідні габаритні розміри.



Подвійним клацанням лівої кнопки миші на штампі відкрийте вікно заповнення штампа і заповніть потрібні поля.

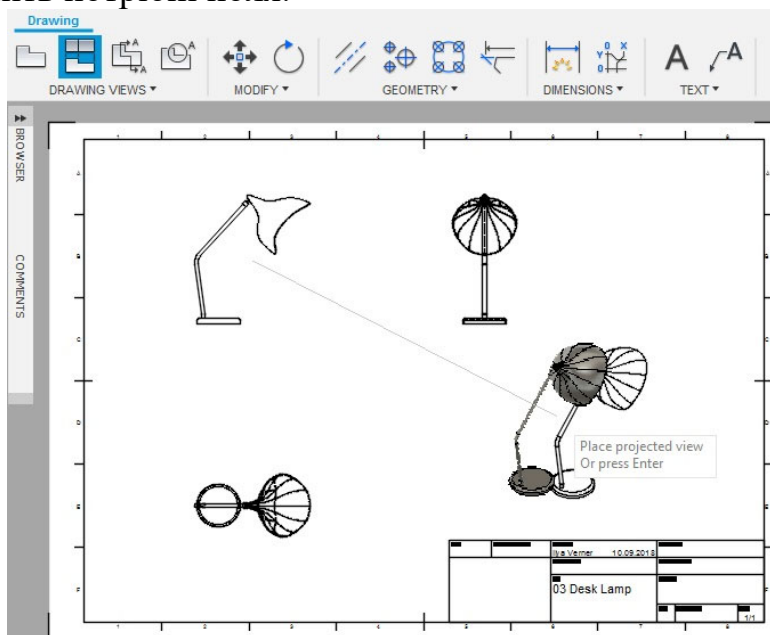


Рис. 97. Команда вставки проєкційних видів

Зміна штампа відповідно до гостом

Створюємо рамку відповідних розмірів в AutoCAD. Зберігаємо в формат dwg. У Fusion 360 виділяємо рамку і натискаємо праву кнопку миші (рис.) В контекстному меню вибираємо пункт Add Title Block. Вибираємо третю кнопку - From DWG file. За допомогою огляду вибираємо документа AutoCAD зі штампом і застосовуємо команду.

З'явиться новий штамп, щоб змінити його позицію в разі потреби виділяємо штамп і з контекстного меню вибираємо команду редагування Edit Title Block. Дана команда дозволить змінювати позицію, а також додавати текстові поля (і багато іншого) в потрібних місцях і їх заповнювати.

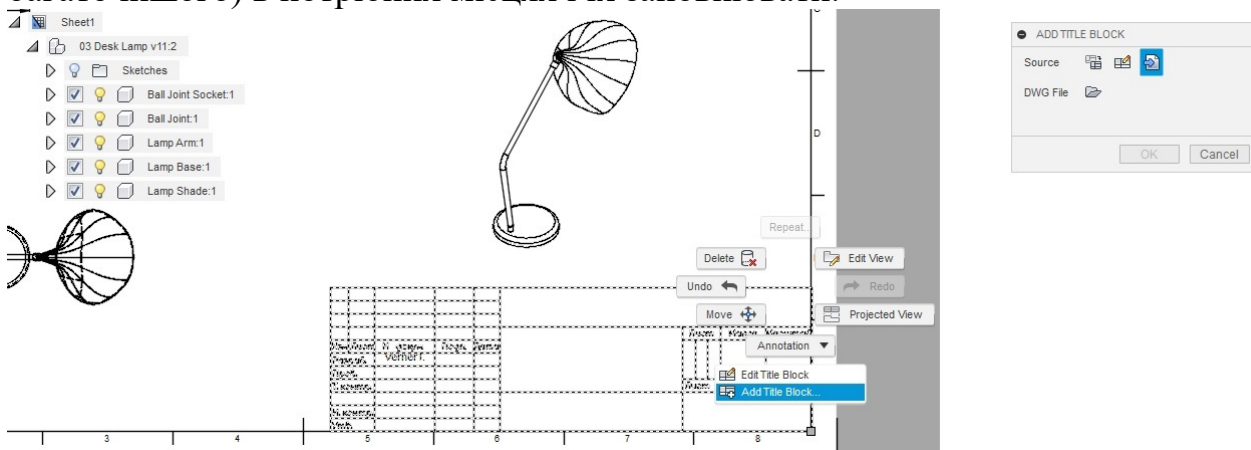
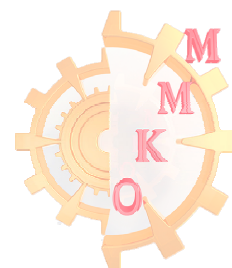


Рис. 98. Додавання штампа з документа AutoCAD



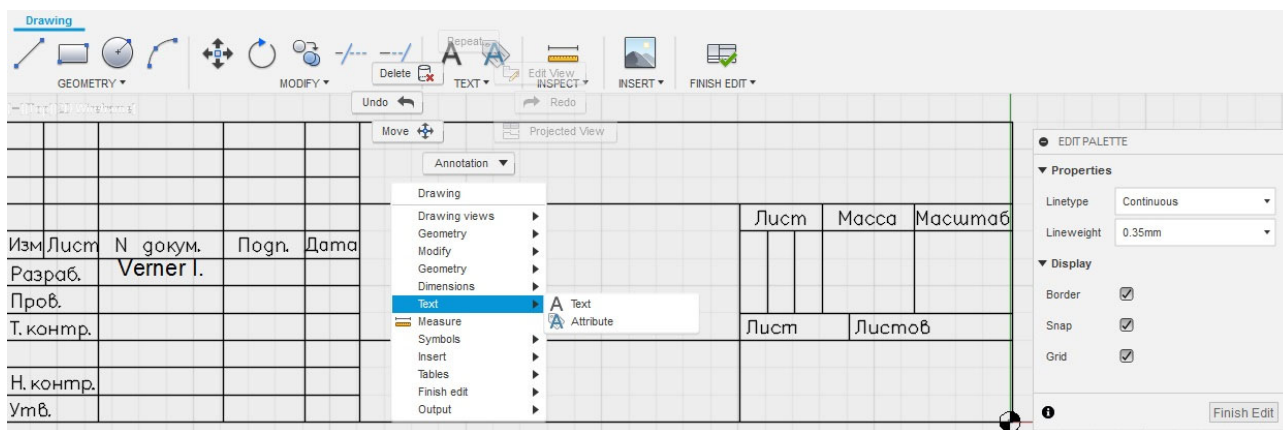


Рис. 99. Редагування параметрів штампа

Експорт креслень і надання доступу до мережі

Для виведення на друк робочої документації пропонується використовувати такі можливості. В першу чергу експорт креслення в Pdf формат (команда Output - Output PDF), що дозволяє зробити друк на будь-якому обладнанні так як це універсальний формат передачі інформації і для роботи з ним не потрібно спеціалізоване програмне забезпечення.

У разі потреби доопрацювання креслення в інших CAD додатках його можна перевести в формат DWG (команда Output - Output DWG) - універсальний векторний формат, підтримуваний більшістю світових САПР систем.

Для надання спільного мережевого доступу до креслення його необхідно спочатку зберегти. Потім відкрити панель даних і з контекстного меню креслення вибрати пункт Share Public Link (рис.). У вікні є наступні опції:

Share the latest ... - відкрити доступ до оновленої версії документа всім;

Allow item to be downloaded - дозволити завантажувати документ;

Require a password to access ... - встановити пароль для доступу до документа.

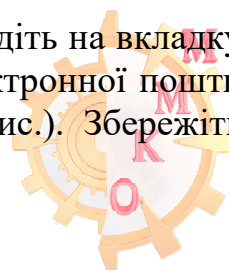
Надання мережевого доступу до моделі

Відкрийте файл моделі лампи. Відкрийте вікно коментарів Comments в нижній частині інтерфейсу і створіть замітку, вона може містити графічні зображення. Ці дані зберуться з моделлю.

Відкрийте панель даних. Розгорніть вкладку версій на файлі моделі та натисніть на посилання Open Details on Web. У браузері інтернет відкриється вікно Fusion Team з моделлю. У правому верхньому куті натисніть кнопку надання загального доступу. Таким чином колеги можуть мати доступ для обговорення та огляду моделі в тривимірному просторі з оглядача на будь-якому пристрої. Перегляньте кнопки в правому верхньому куті, додайте нові обговорення. Подивіться функції редагування моделі в браузері. Потім закрийте оглядач.

Спільна робота над проектом

Для надання доступу до проекту відкрийте панель даних. Перейдіть на вкладку людей People. Виберіть документ моделі і в поле введення електронної пошти введіть адресу колеги і натисніть кнопку запросити Invite (рис.). Збережіть документ.



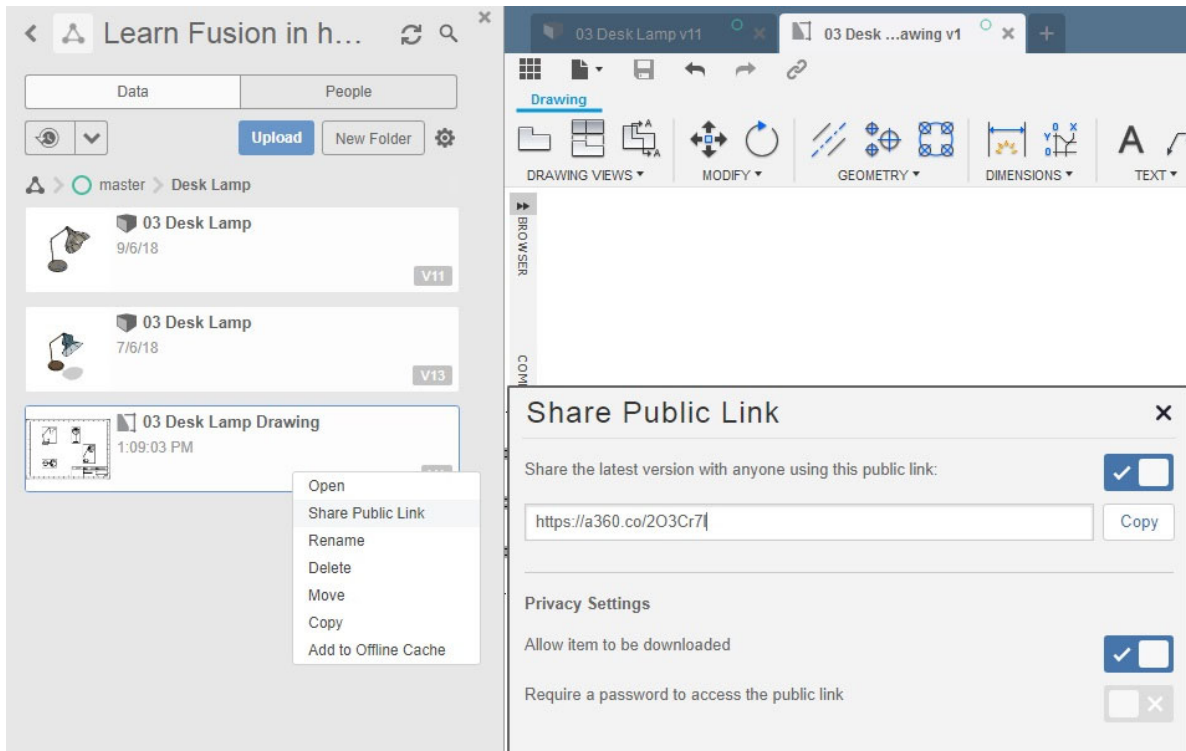


Рис. 100. Надання загального мережевого доступу до документа креслення

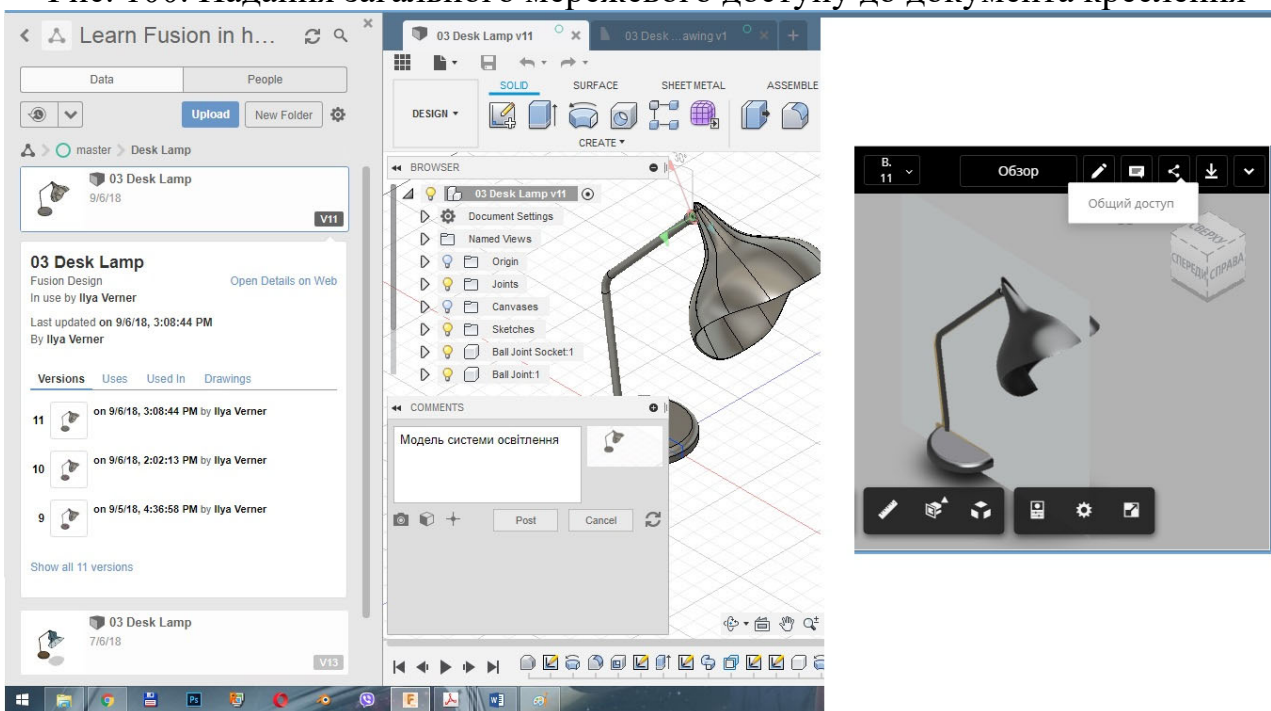
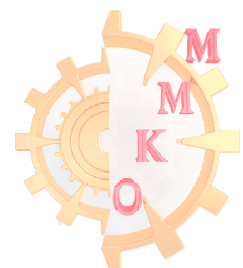


Рис. 101. Надання загального мережевого доступу до моделі



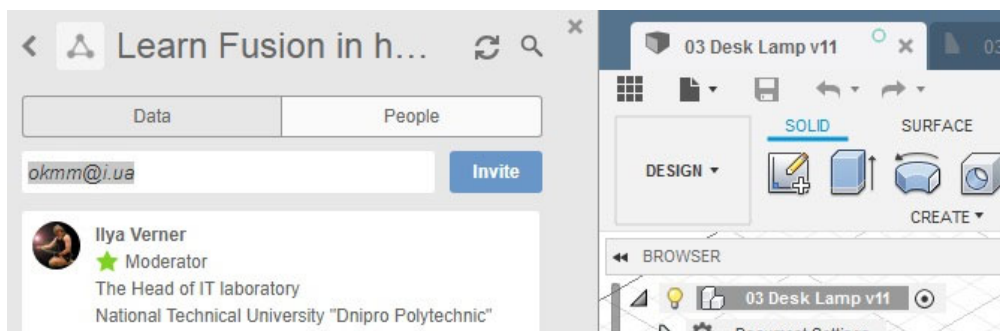
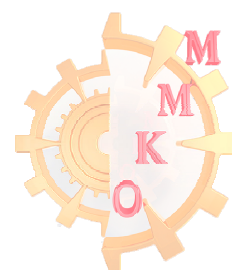


Рис. 102. Запрошення для спільної роботи над проектом

Індивідуальне завдання

Використовуючи набуті під час виконання лабораторних робіт уміння і навичок створіть запропонований промисловий об'єкт, надайте його елементам відповідної текстури та розробіть систему його взаємодії з оточуючим середовищем чи рухомими його частинами.



Література

1. Методичні рекомендації з використання програмних продуктів тривимірної графіки при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Методи та засоби сучасних дизайнерських рішень» для студентів усіх спеціальностей / І.В. Вернер, Т.О. Письменкова – Дніпро: НГУ, 2018. – 59 с.

2. Методичні вказівки з використання растрової графіки при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Методи та засоби дизайнерських рішень» для студентів всіх спеціальностей / С.О. Федоряченко, І.В. Вернер, Т.О. Письменкова – Д.: НГУ, 2016. – 52 с.

3. Методичні вказівки з використання векторної графіки у виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Методи та засоби дизайнерських рішень» для студентів всіх спеціальностей / Упоряд.: О.М. Твердохліб, І.В. Вернер, Т.О. Письменкова – Д.: НГУ, 2015. – 46 с.

4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «інформаційно-комунікаційні технології для презентації наукових робіт» для магістрів, що навчаються на базі підготовки бакалаврів напряму 050301 «Гірництво» / С.В. Балашов, І.В. Вернер, Т.О. Письменкова – Дніпропетровськ: НГУ, 2013. – 41 с.

5. Відео уроки до методичних вказівок з тривимірного моделювання / Сайт кафедри ОКММ [Electronic resource]. URL: <http://okmm.nmu.org.ua> (Date of access: 31.08.2018).

