



ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

Легкий многоцелевой вертолет

Выполнил

студент Квак Ч.Х.

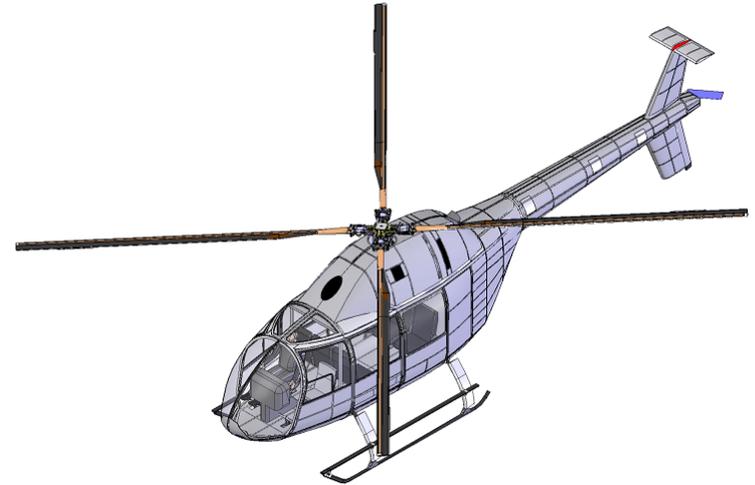
Руководитель

доцент Артамонов Б.Л.

2008 г.

ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

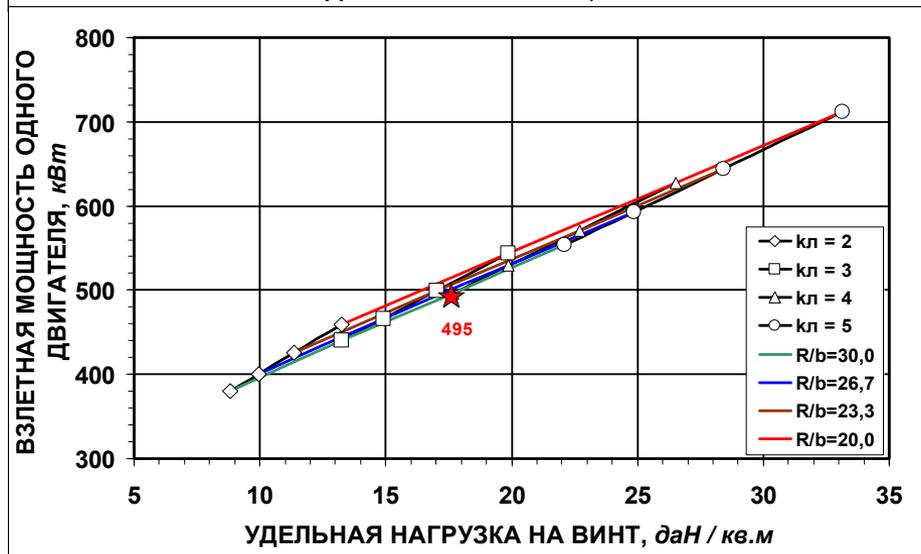
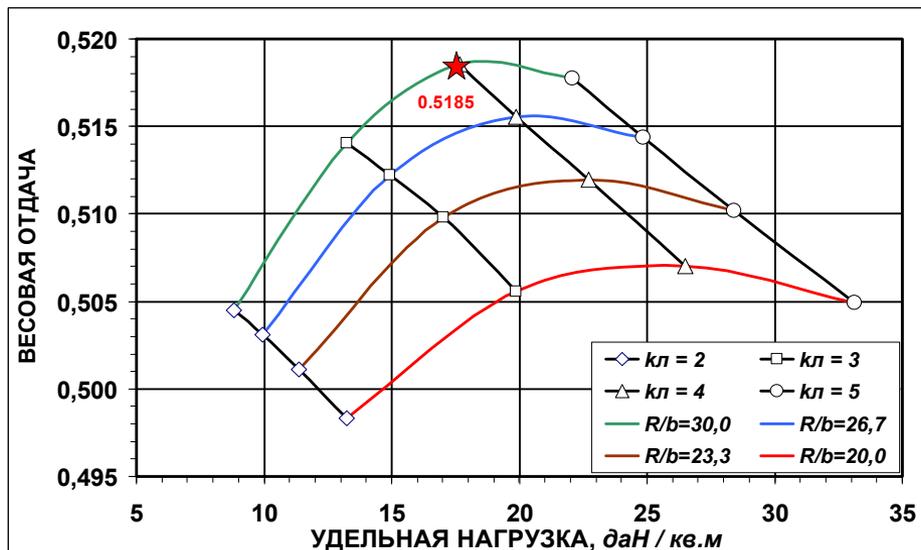
	Параметр	Значение
1	Количество пассажиров, чел	6
2	Дальность полета, км	550
3	АНЗ, час	0,5 час
4	Статический потолок, м	2000
5	Динамический потолок, км	5350
6	Количество членов экипажа	2



КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА

1. **Одновигательный вертолет по одновинтовой схеме**
2. **Применение российского двигателя ВК-800**
3. **Безподшипниковая втулка несущего винта по торсионной схеме**

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ВЕРТОЛЕТА ПО МЕТОДИКЕ М. Н. ТИЩЕНКО



ПАРАМЕТРЫ ВЕРТОЛЕТА

П а р а м е т р	Значение
Взлетная масса вертолета, кг	2386,9
Масса пустого вертолета, кг	1174
Диаметр несущего винта, D, м	13,3
Число лопастей, z	4
Коэффициент весовой отдачи	0,519
Крейсерская скорость полета, км/ч	193
Запас топлива, кг	354
Потребная мощность двигателей, кВт	495

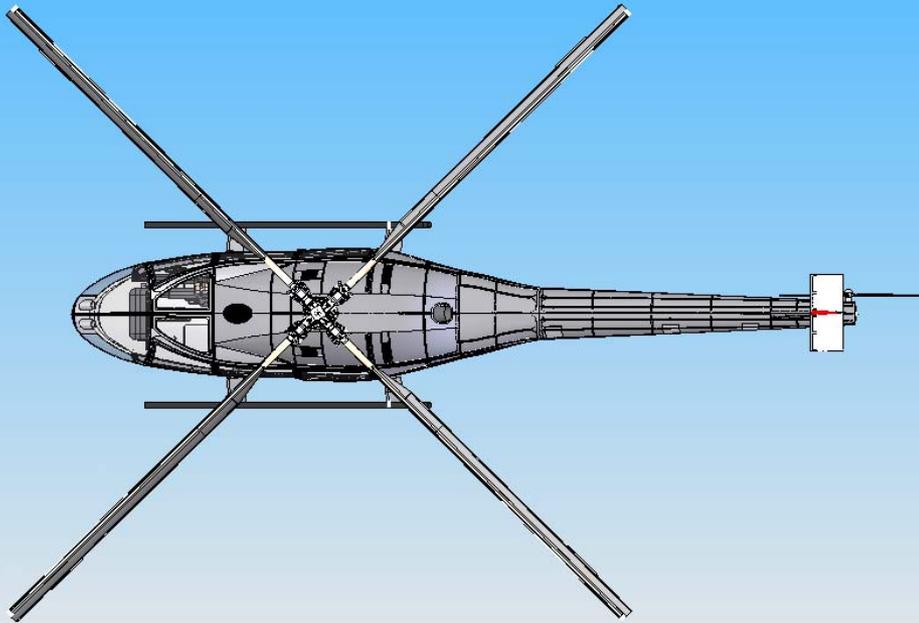
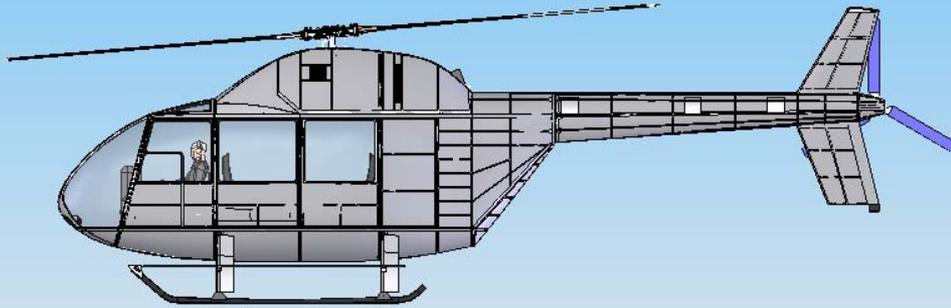


VK-800

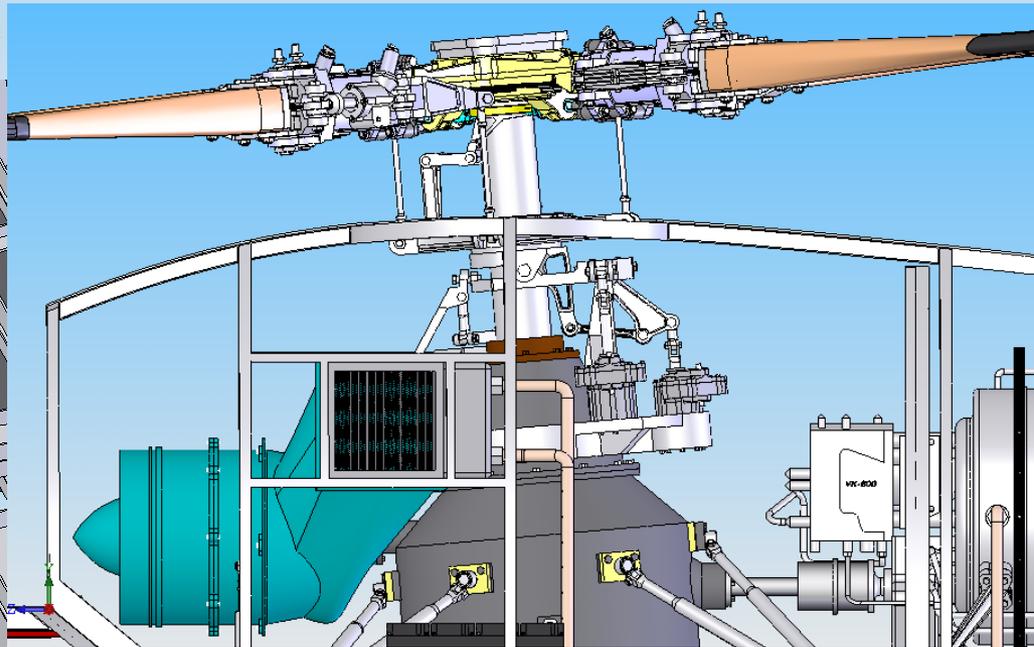
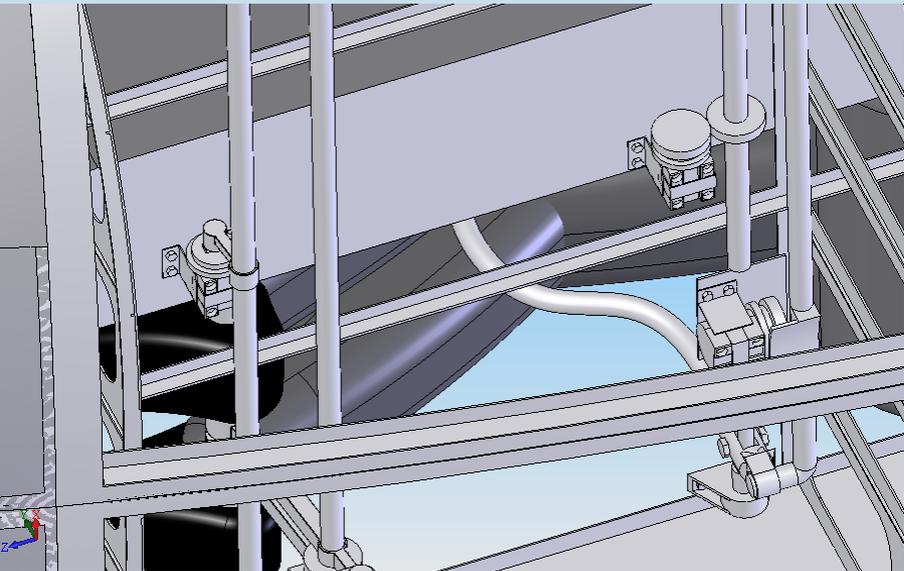
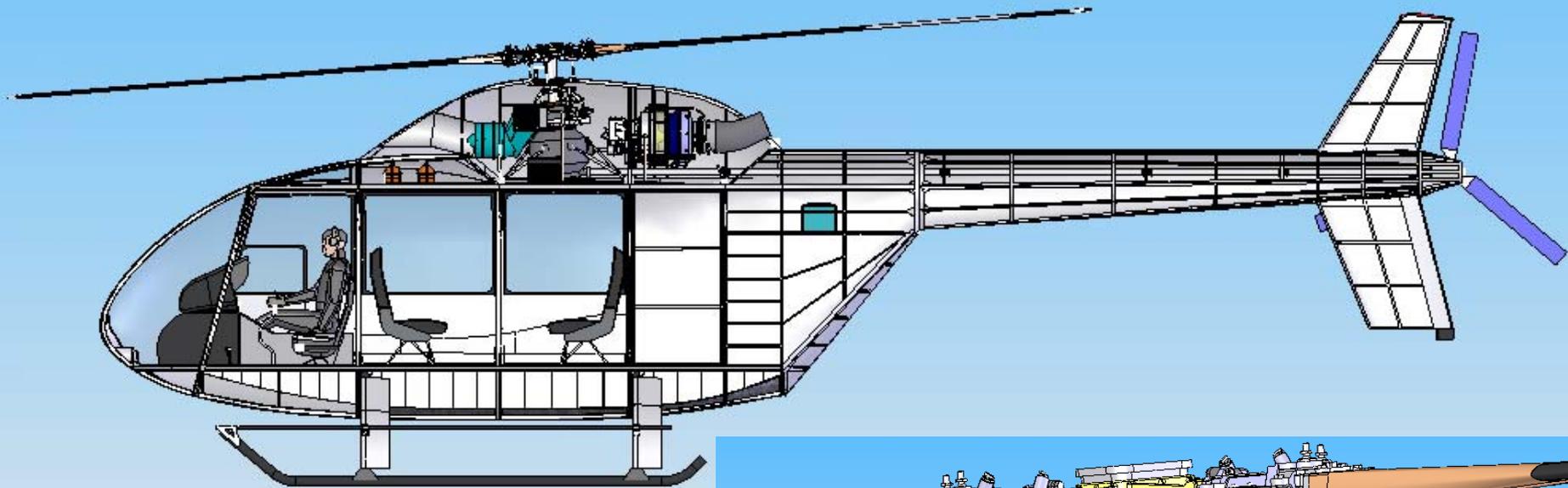
Взлетная мощность – 800 л.с.

Расход топлива 233 г/л.с.ч.

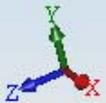
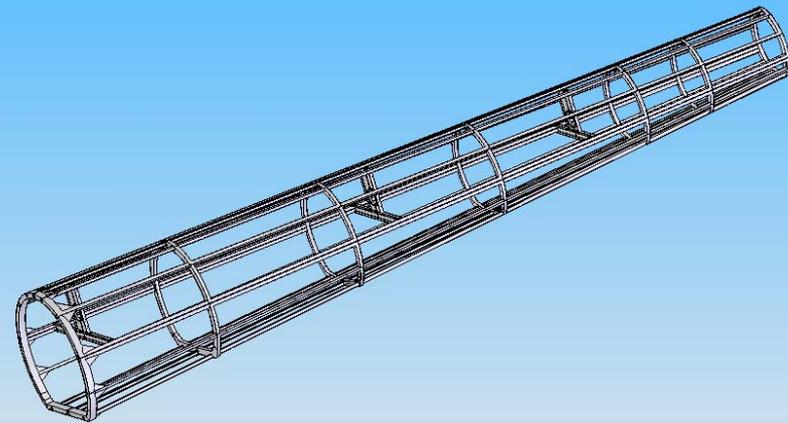
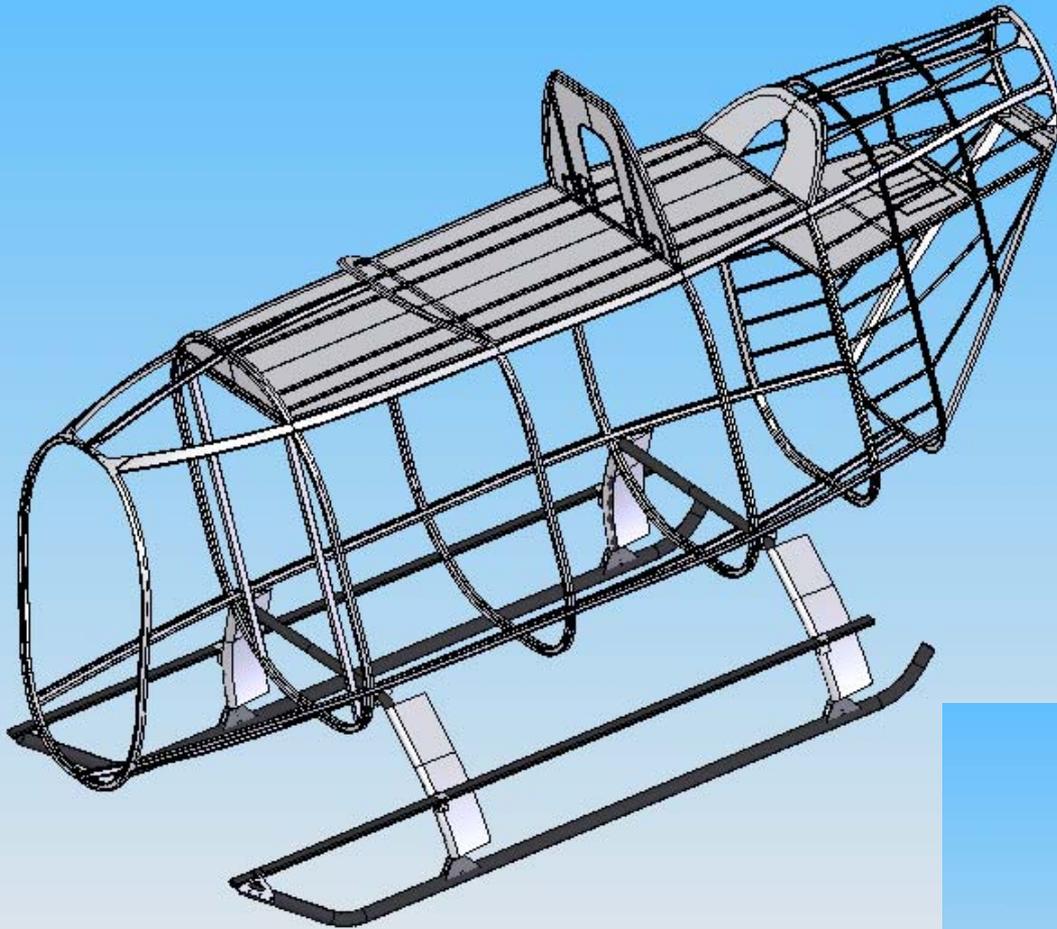
ОБЩИЙ ВИД ВЕРТОЛЕТА



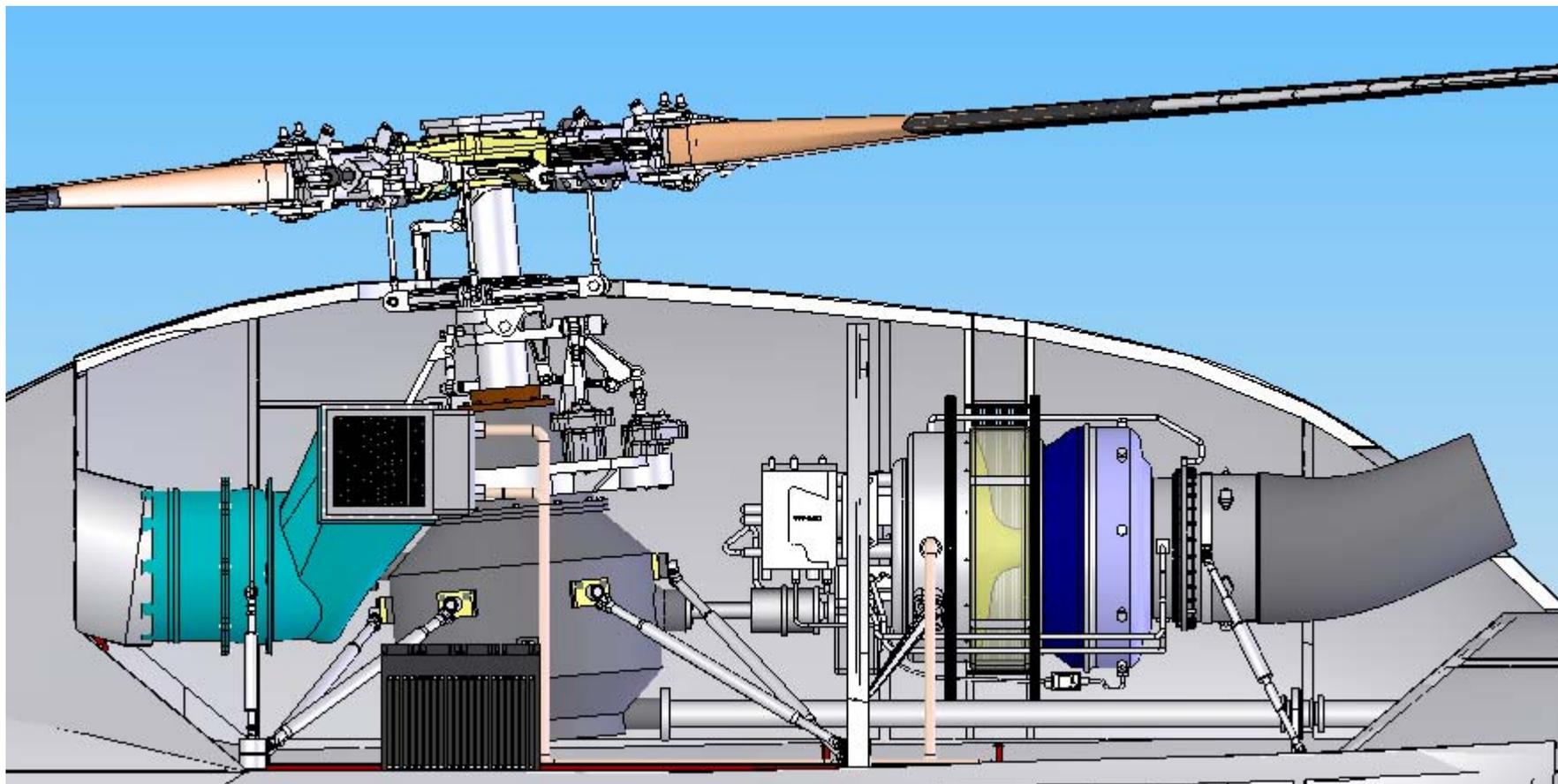
КОМПОНОВКА ВЕРТОЛІТА



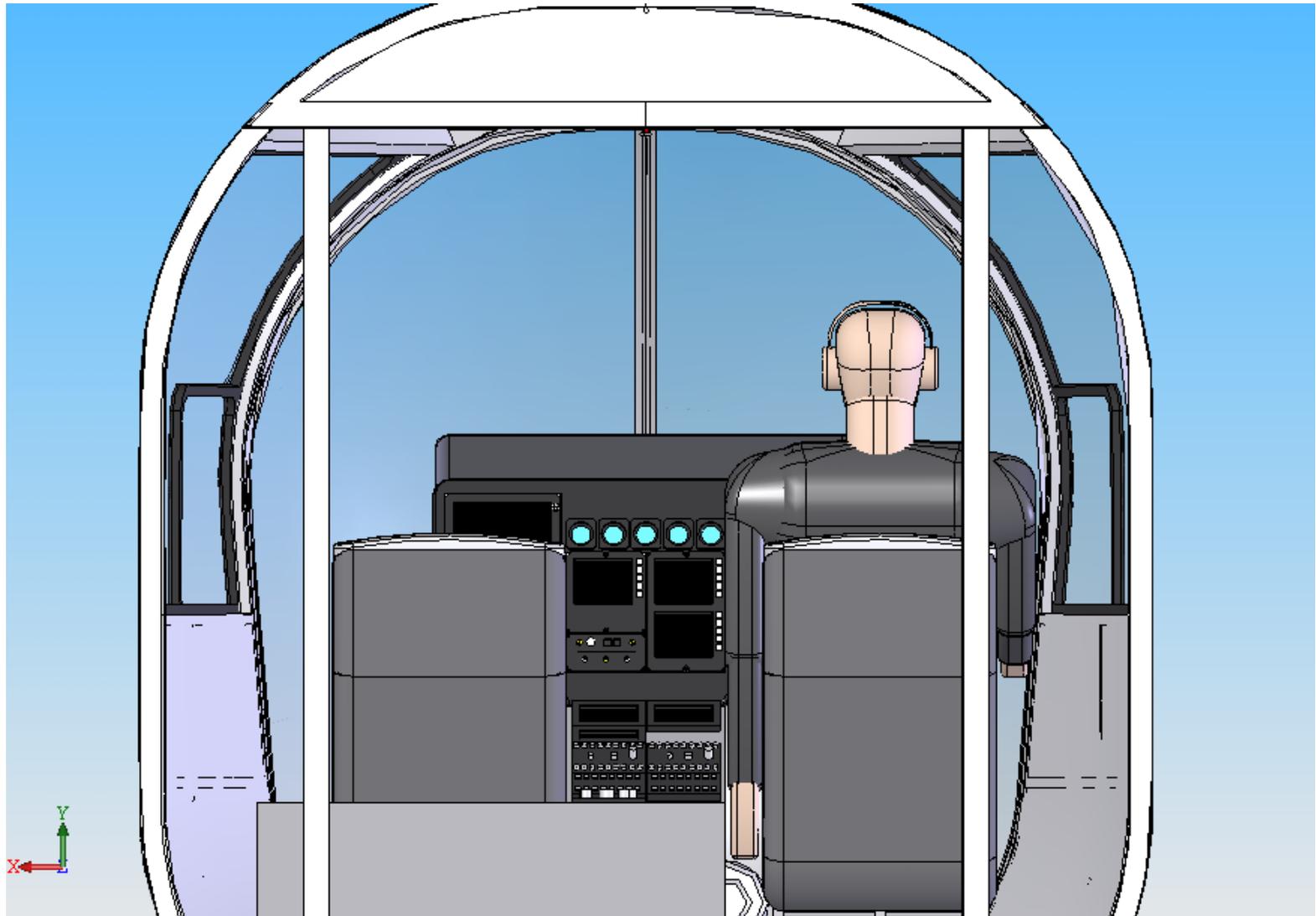
КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВАЯ СХЕМА



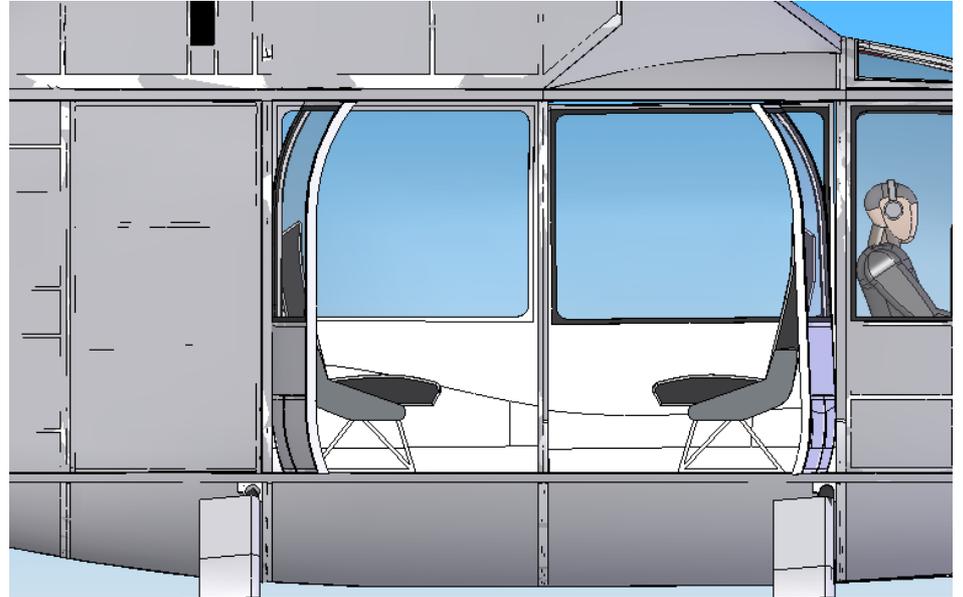
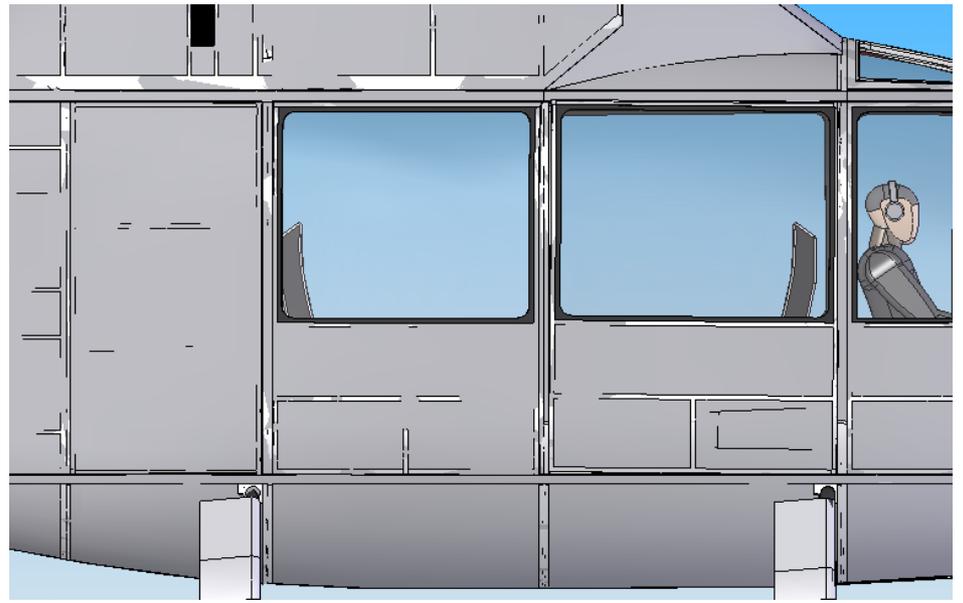
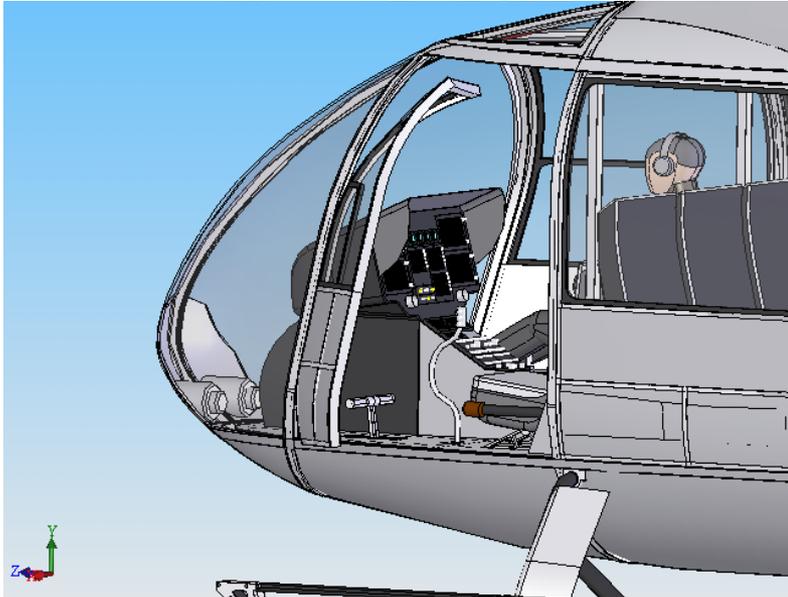
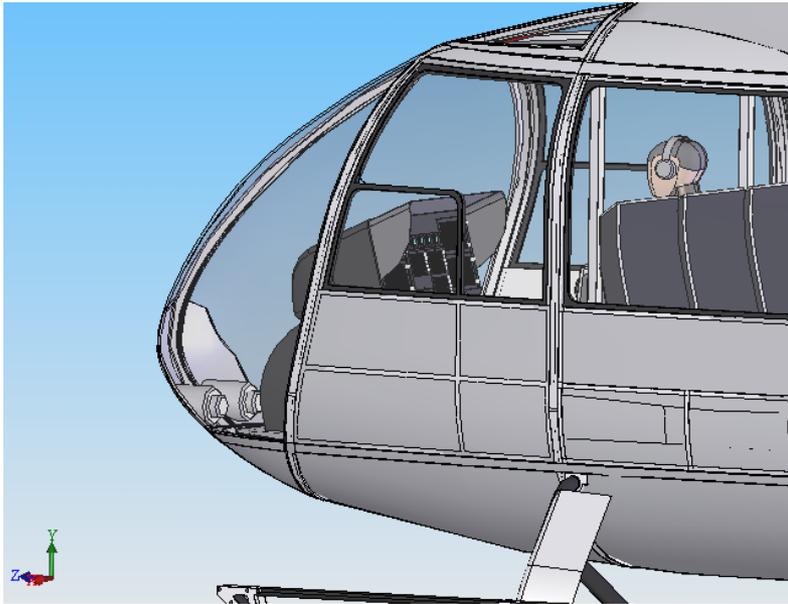
ОТСЕК СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ



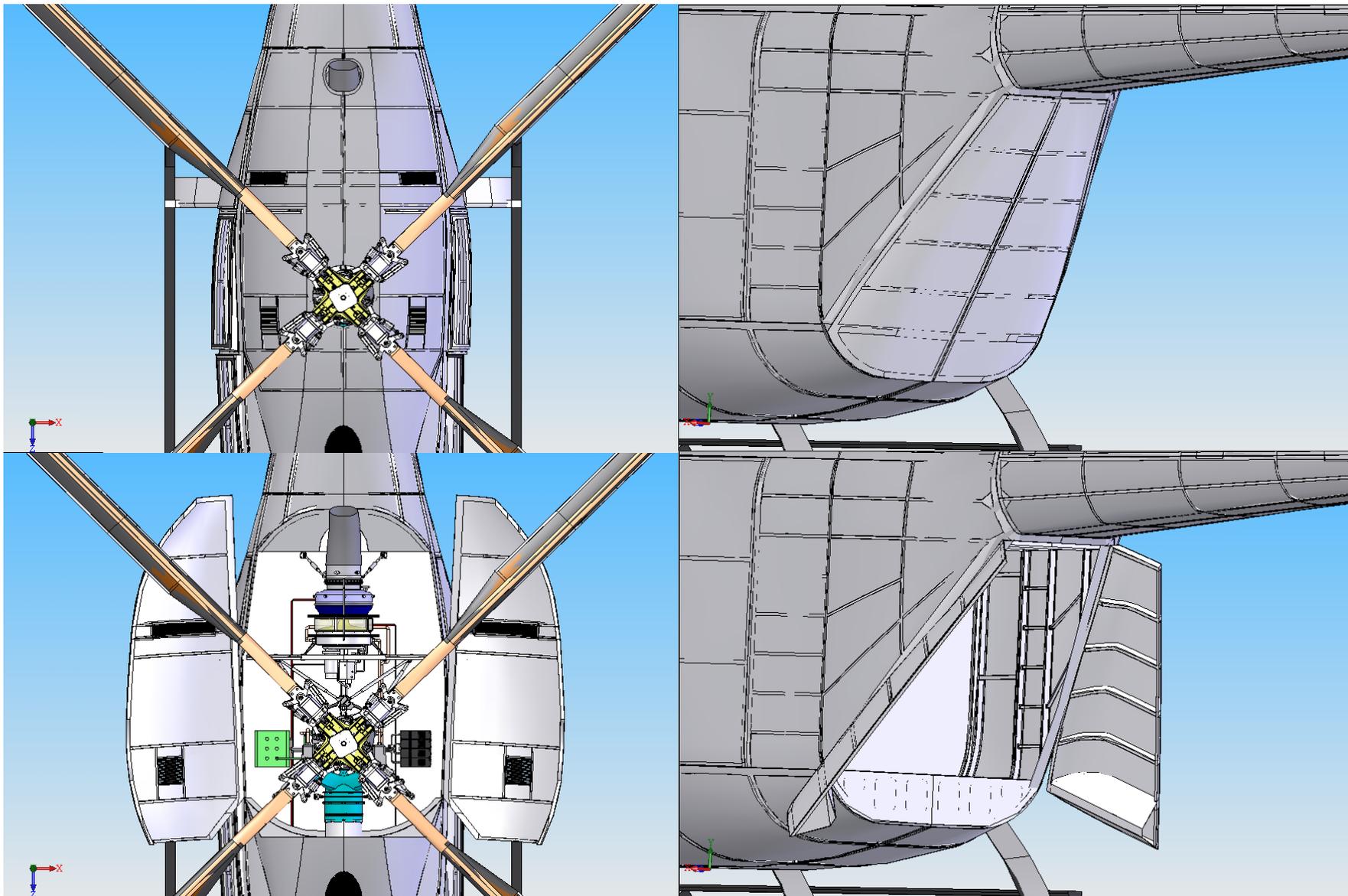
КАБИНА ПИЛОТА



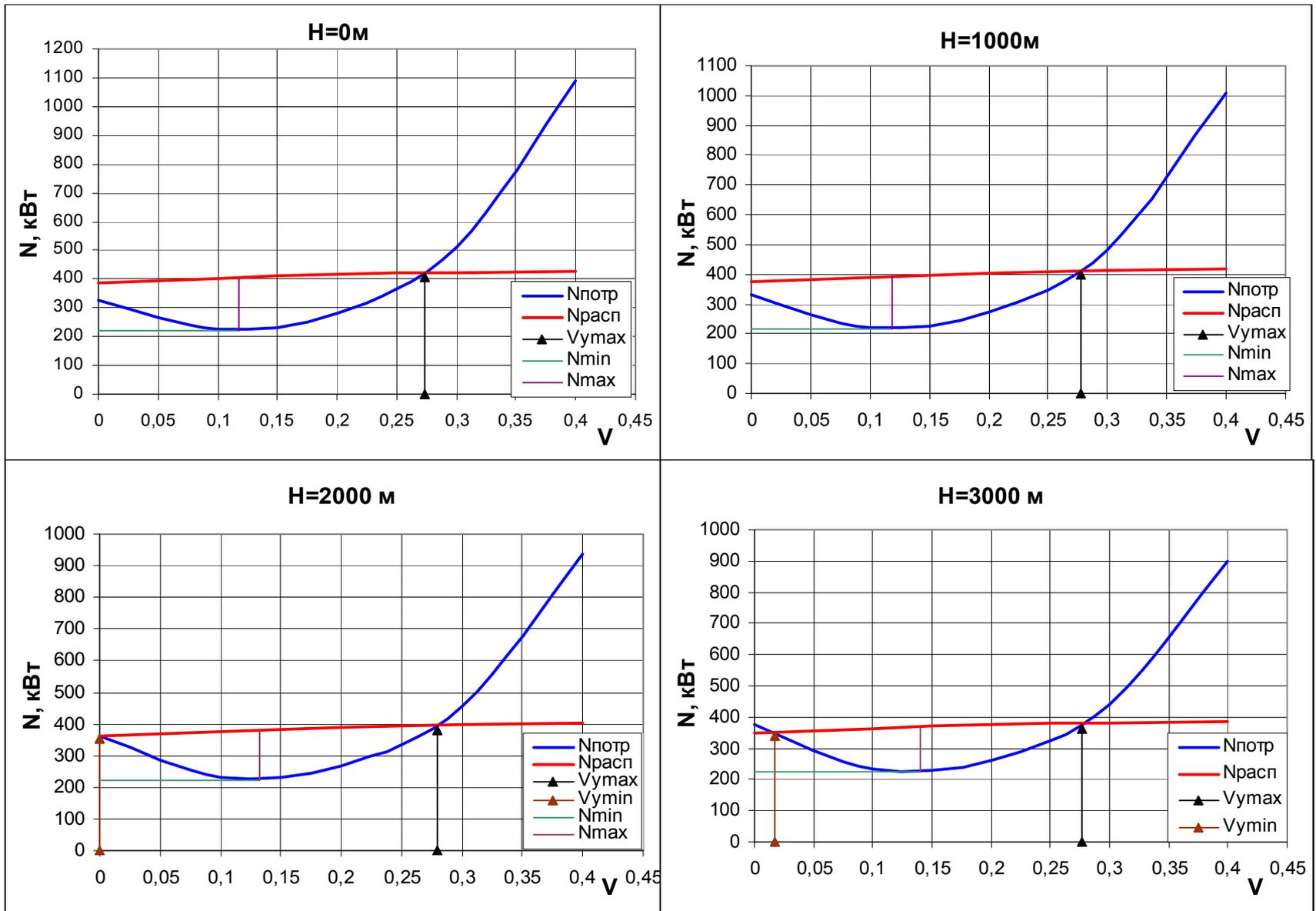
ДВЕРИ, СТВОРКИ, КАПОТЫ



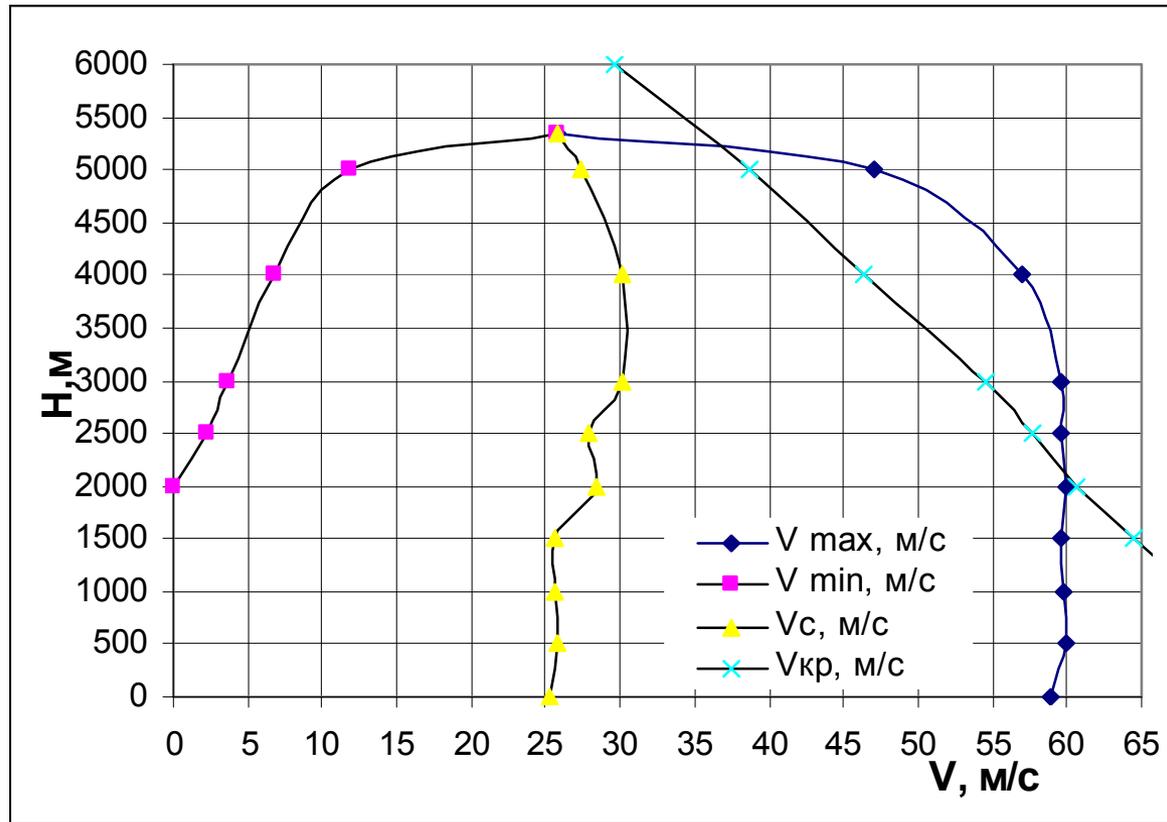
ДВЕРИ, СТВОРКИ, КАПОТЫ



АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВЕРТОЛЕТА



ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРТОЛЕТА



Максимальная скорость

на высоте $H=500$ м

212 км/ч

Максимальная дальность

полета на высоте $H=500$ м

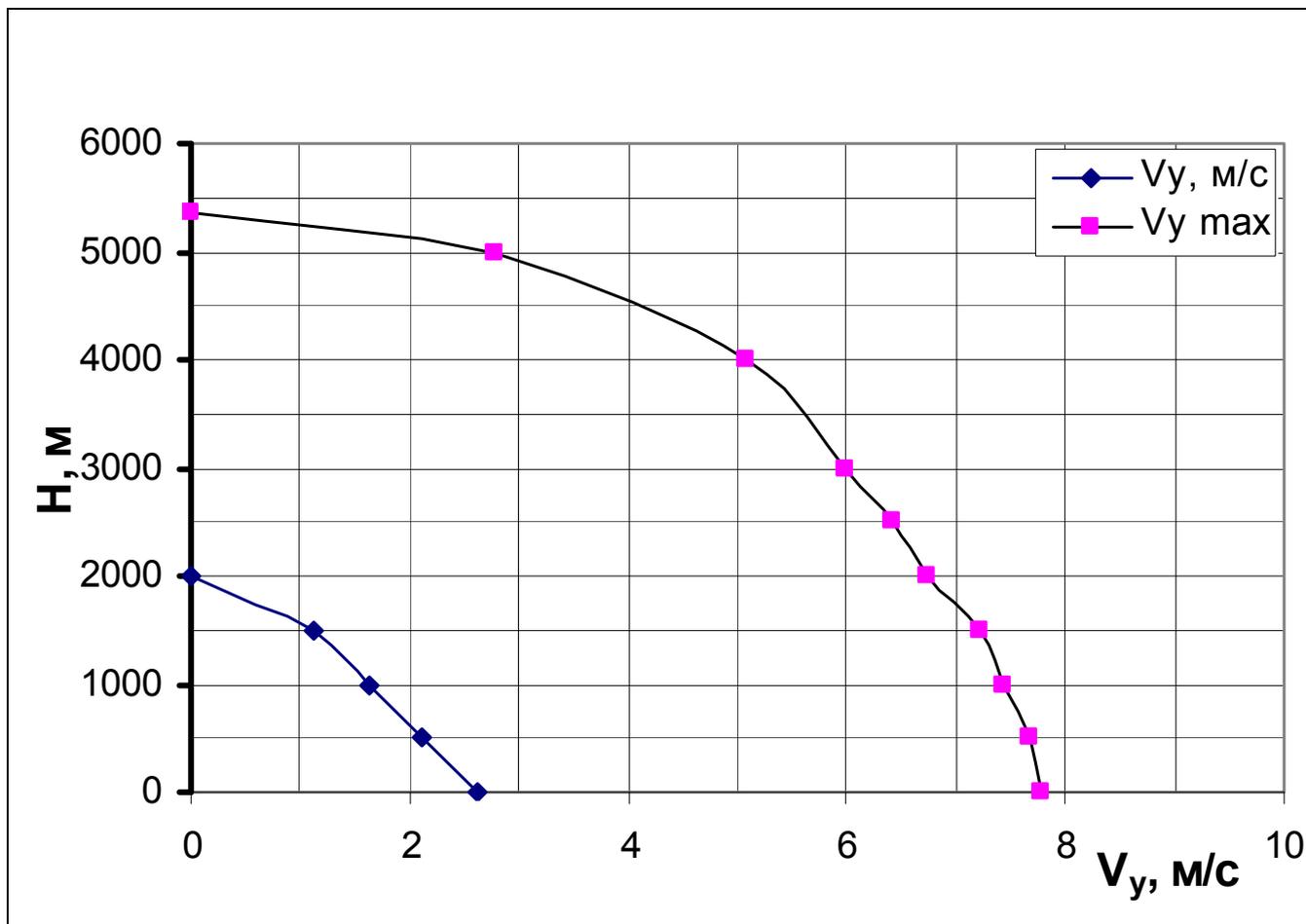
560 км

Продолжительность полета

на высоте $H=500$ м

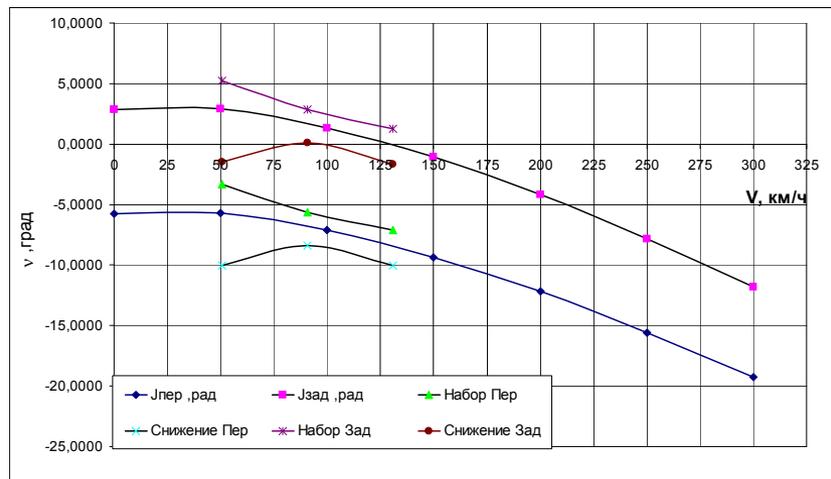
4,2 ч

СКОРОПОДЪЕМНОСТЬ ВЕРТОЛЕТА

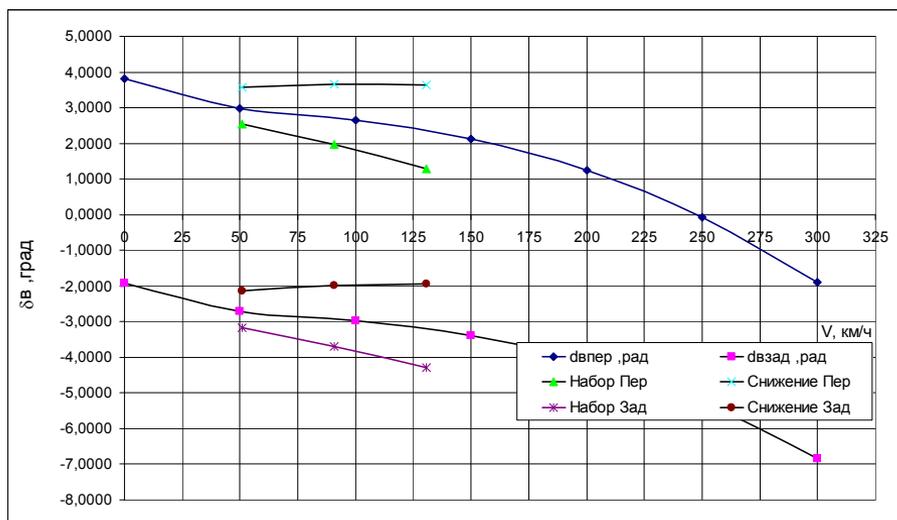


Динамический потолок 5350 м
Статический потолок 2000 м

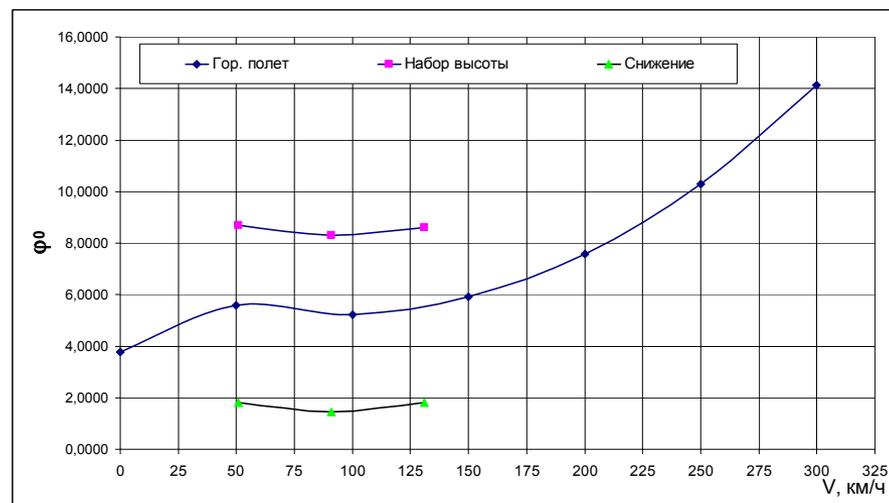
БАЛАНСИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРТОЛЕТА



Угол тангажа

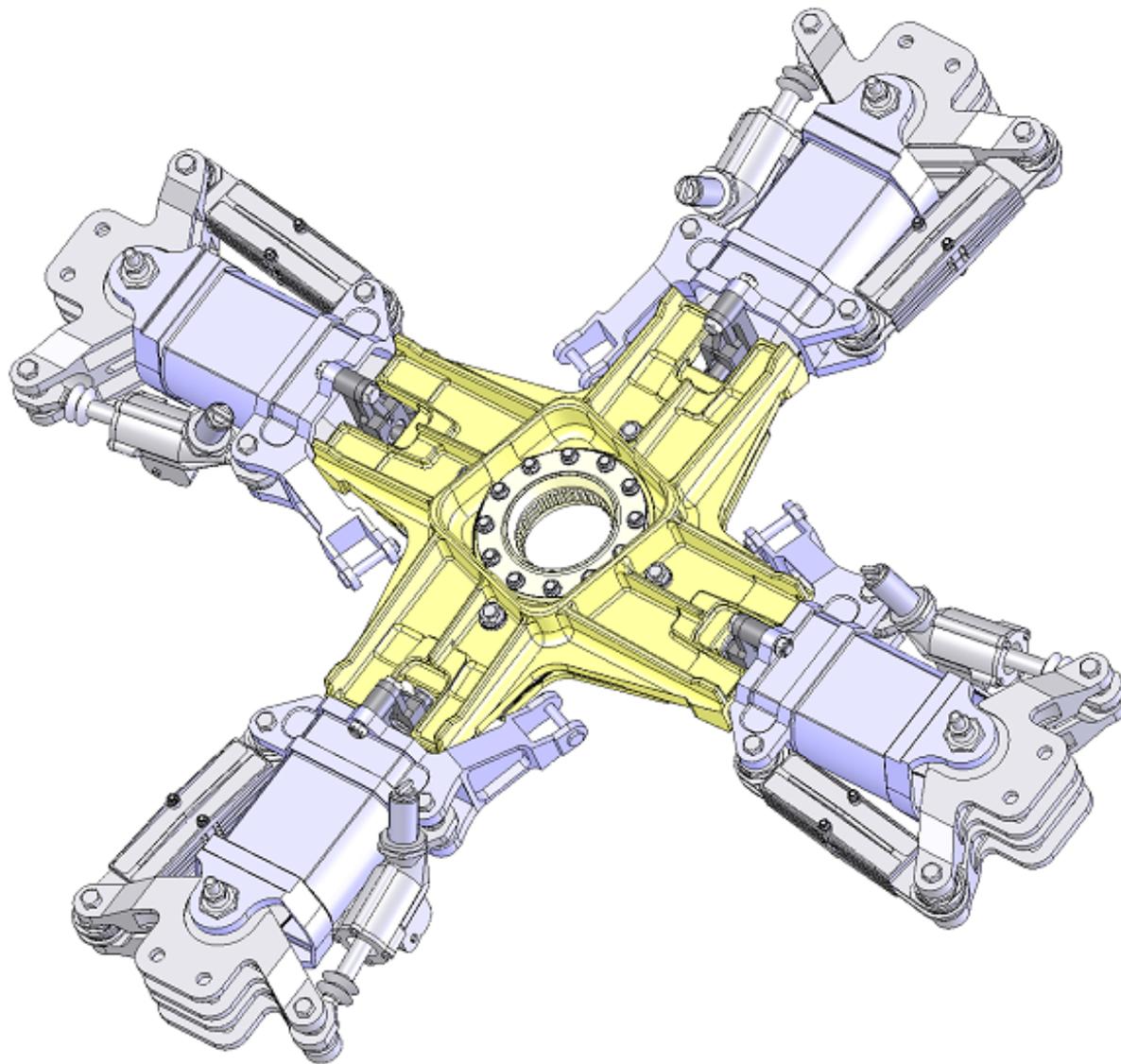


Угол отклонения автомата перекоса



Угол общего шага

КОНСТРУКЦИЯ ВТУЛКИ НЕСУЩЕГО ВИНТА



КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВАЯ СХЕМА ВТУЛКИ

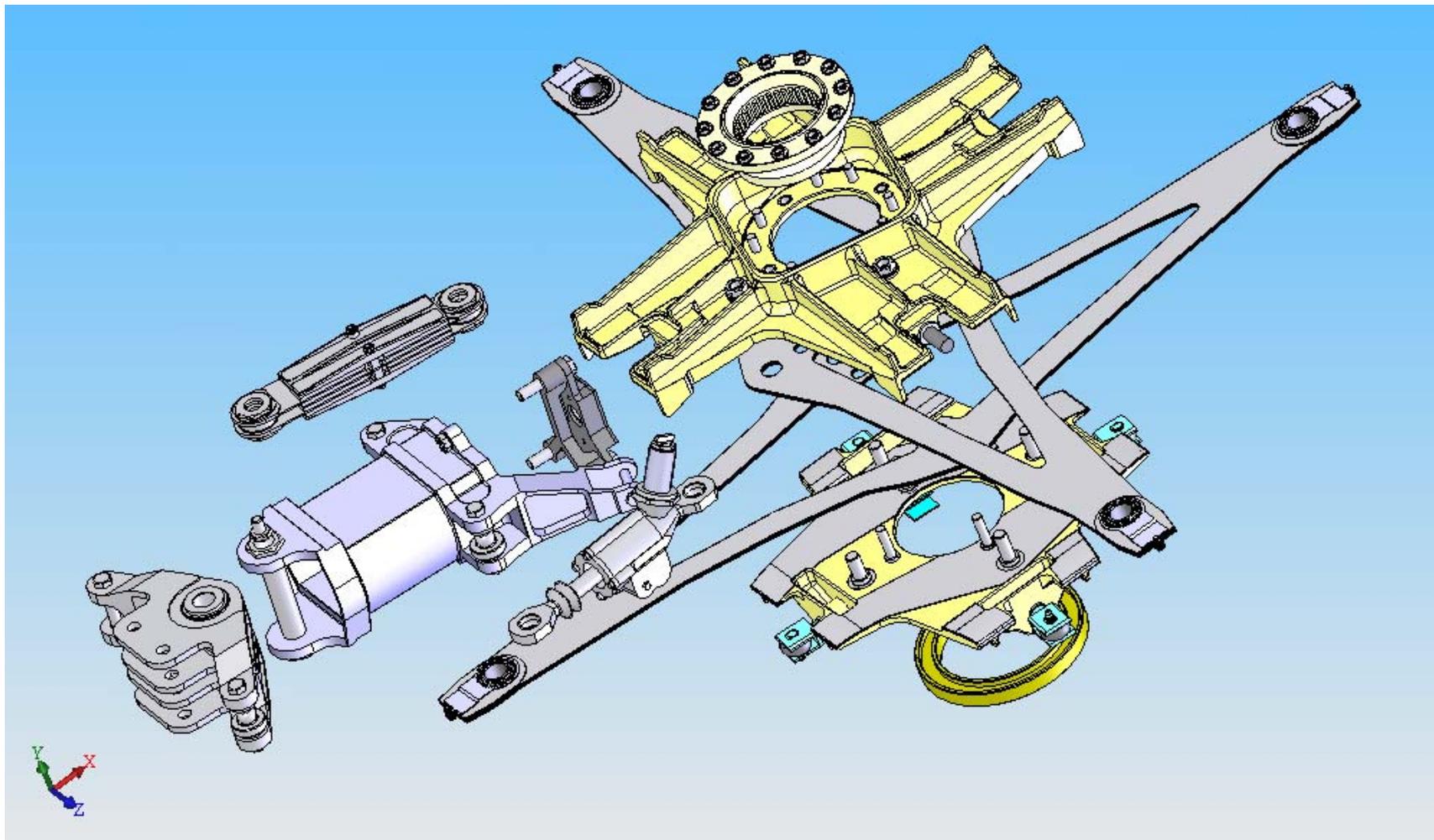
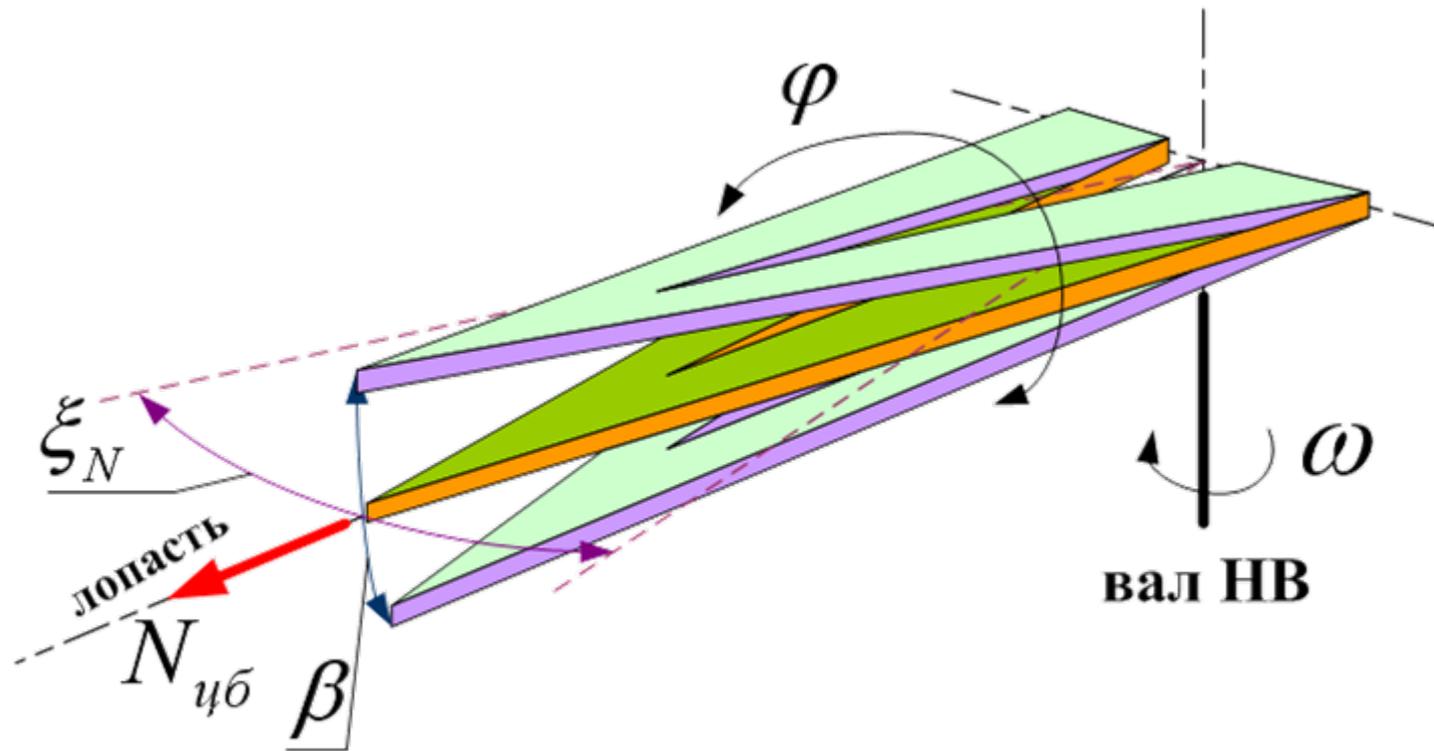
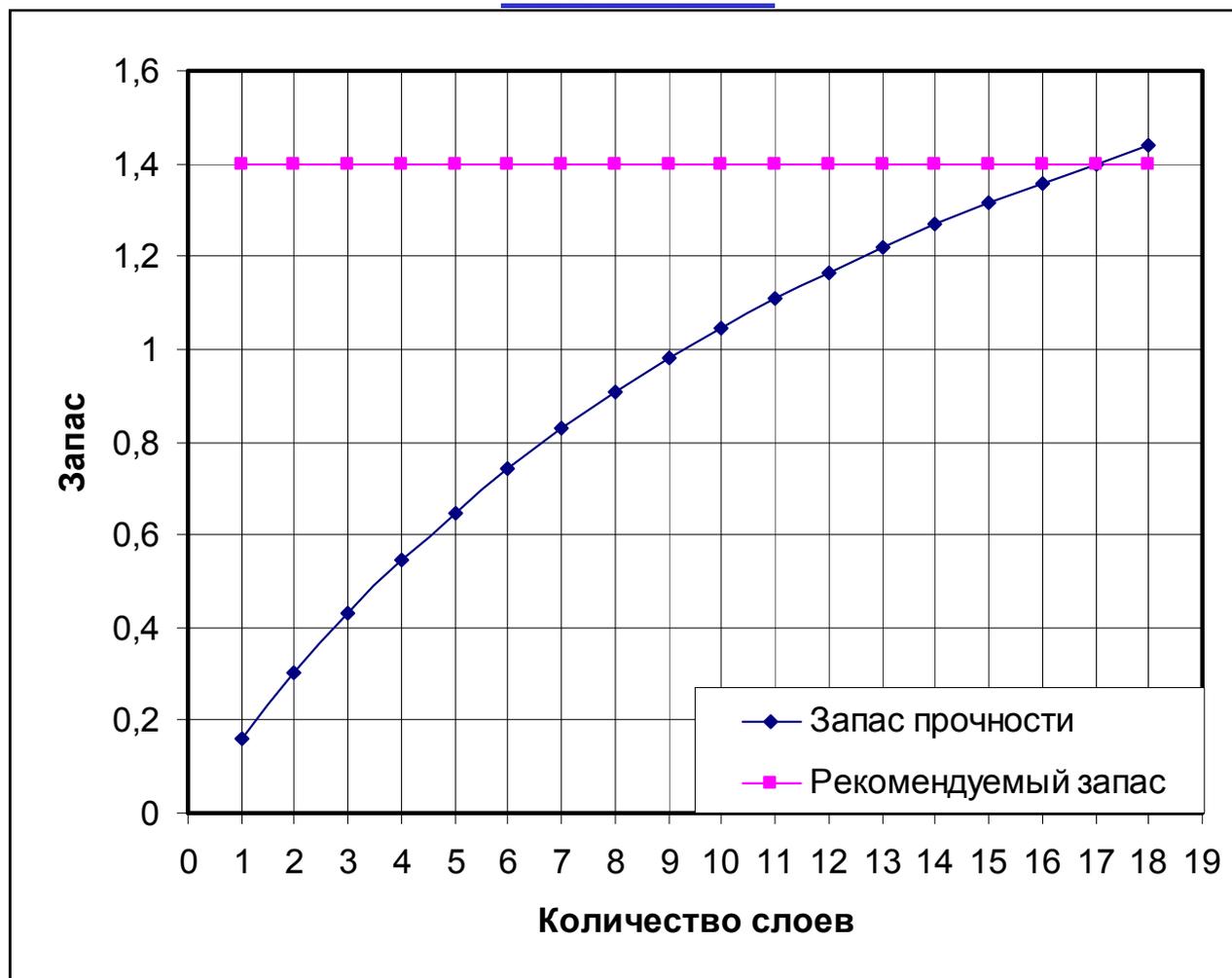


СХЕМА РАБОТЫ ТОРСИОНА



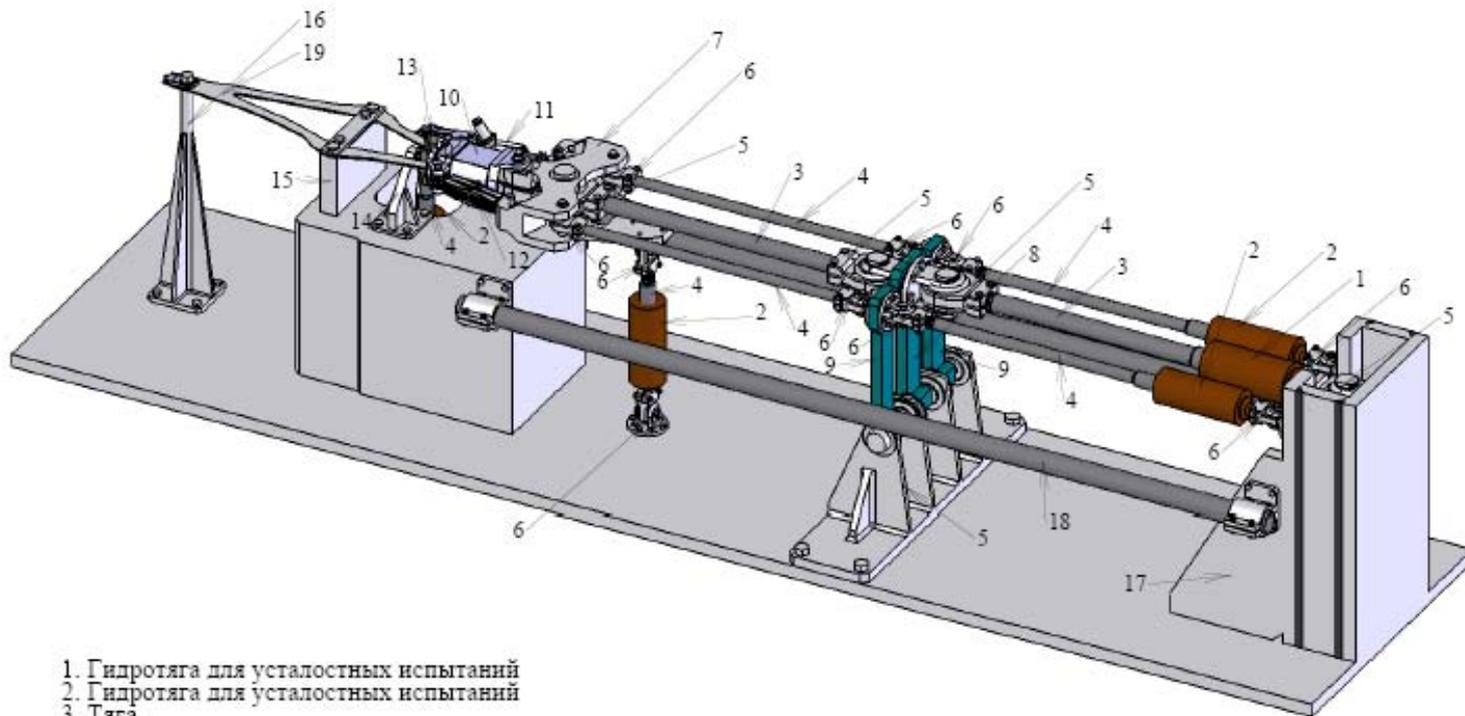
ЗАВИСИМОСТЬ ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА СЛОЕВ ТОРСИОНА



Количество слоев

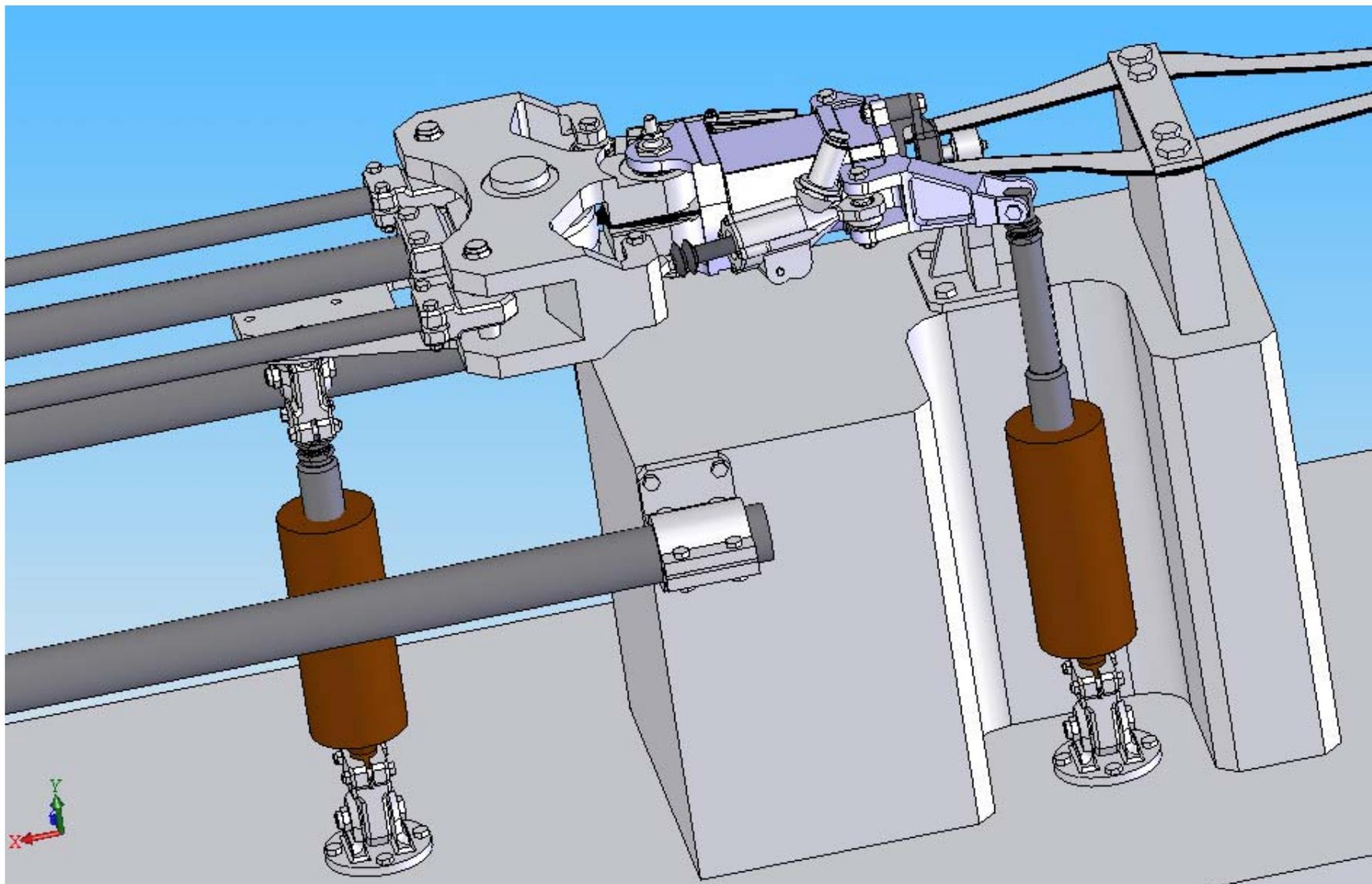
$n = 18$

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ПАКЕТА ТОРСИОНА

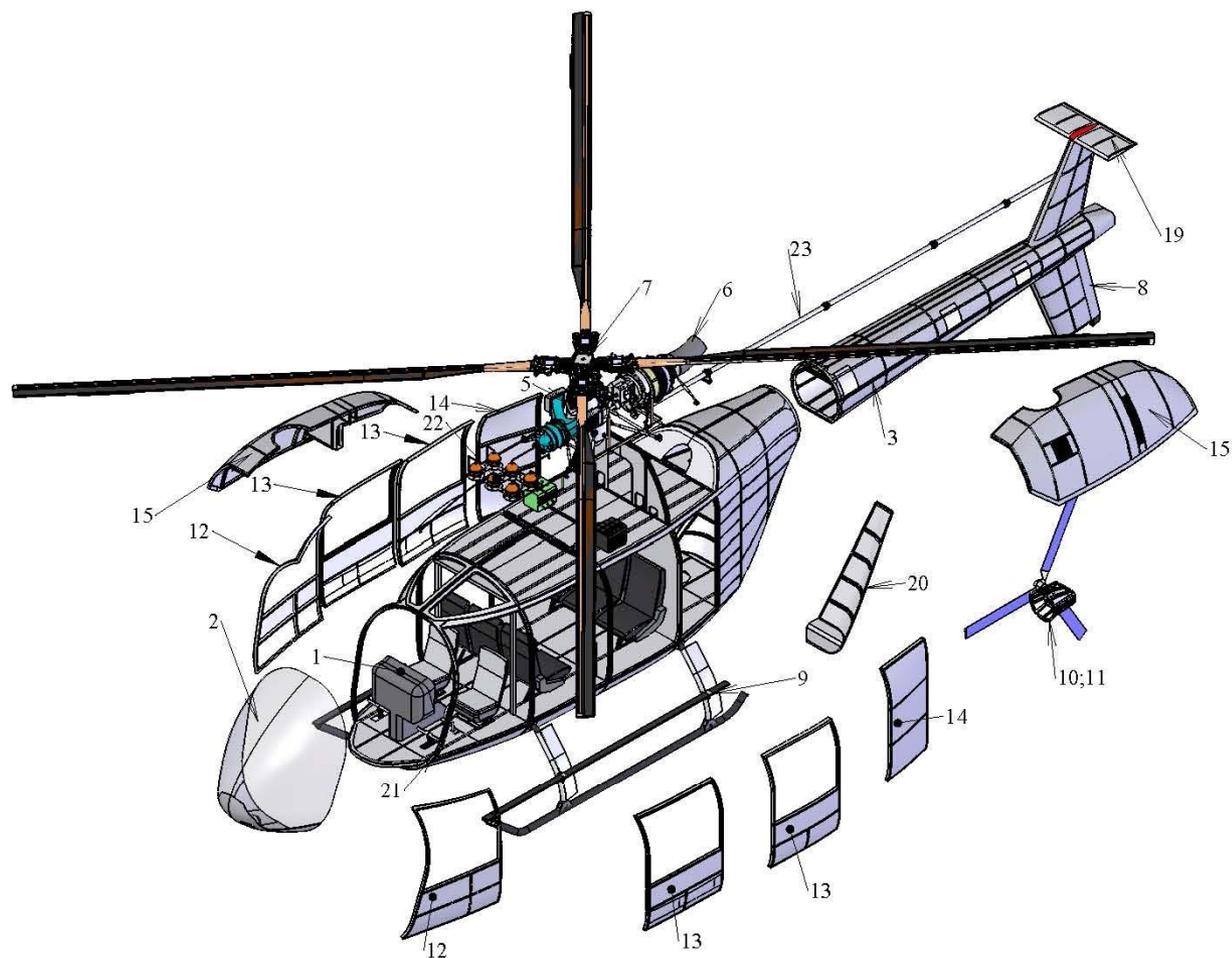


1. Гидротяга для усталостных испытаний
2. Гидротяга для усталостных испытаний
3. Тяга
4. Тяга
5. Шарнир
6. Шарнир
7. Плита
8. Плита
9. Плита
10. Рукав
11. Гидравлический демпфер
12. Эластомерный демпфер
13. Кронштейн
14. Кронштейн
15. Кронштейн
16. Кронштейн
17. Кронштейн
18. Штанга
19. Пакет торсиона

УЗЕЛ ПРИЛОЖЕНИЯ НАГРУЗОК

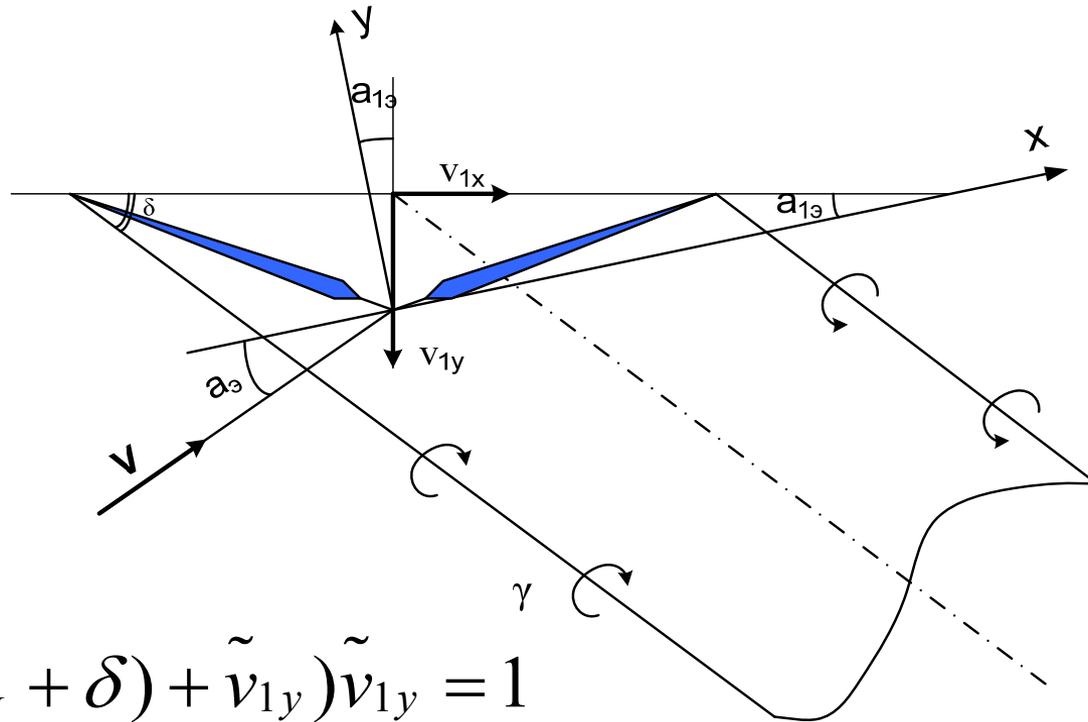


ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЧЛЕНЕНИЕ ВЕРТОЛЕТА



1. Кабина
2. Носовая часть
3. Хвостовая балка
4. Киль
5. Редуктор
6. Двигатели
7. Несущая система
8. Стабилизатор
9. Шасси
10. Хвостовой редуктор
11. Рулевой винт
12. Двери пилотской кабины
13. Двери грузового отсека
14. Двери пассажирского салона
15. Капоты
17. Перегородка
19. Киль
20. Капоты грузового отсека
21. Центральная часть
22. Система охлаждения
23. Хвостовой вал

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ПО ДИСКУ ИНДУКТИВНОЙ СКОРОСТИ И УГЛА НАКЛОНА ВИХРЕВОЙ СИСТЕМЫ



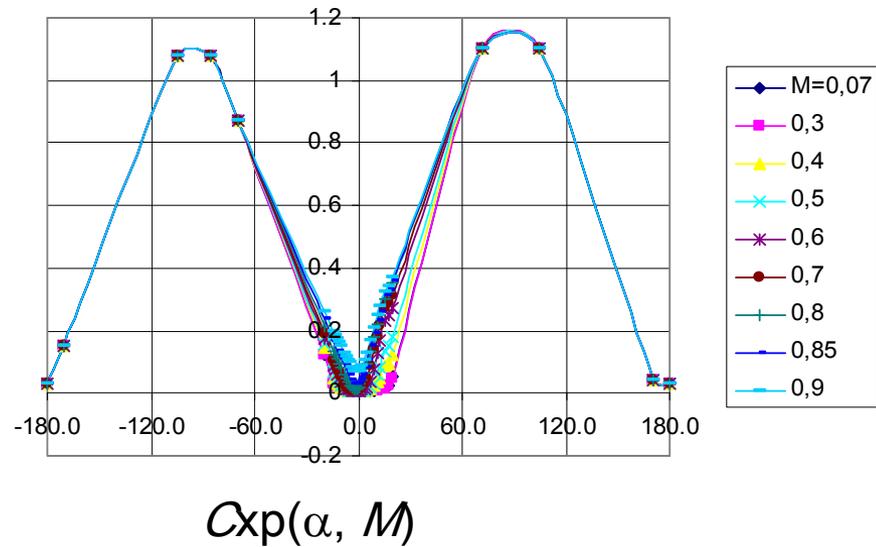
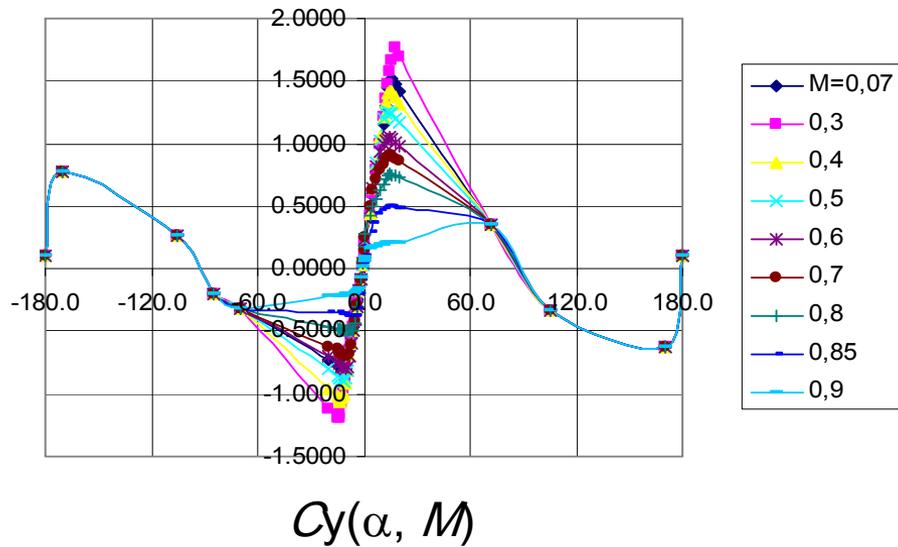
$$(V^{\sim} \cos(\alpha_{\omega} + \delta) + \tilde{v}_{1y}) \tilde{v}_{1y} = 1$$

$$V^{\sim} \sin(\alpha_{\omega} + \delta) = 2\tilde{v}_{1y} k_{\delta}$$

$$\alpha_{\omega} = \alpha_B + a_1$$

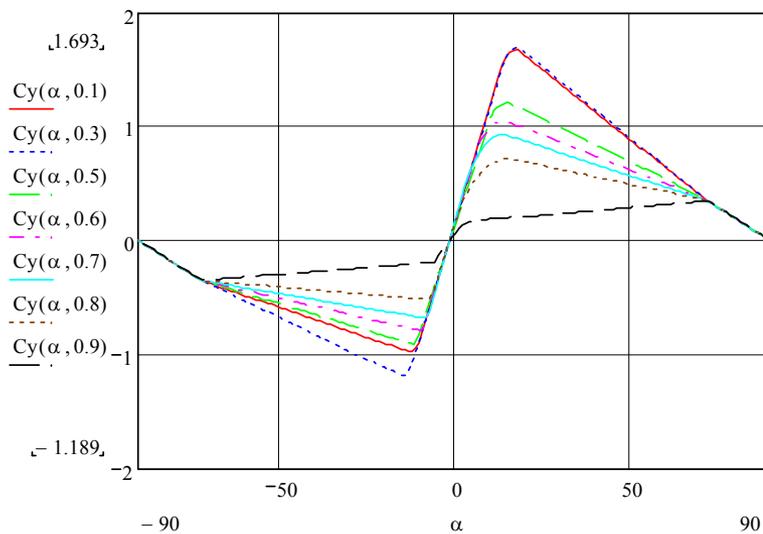
АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОФИЛЯ

в диапазоне углов атаки $-180 \leq \alpha \leq 180^\circ$

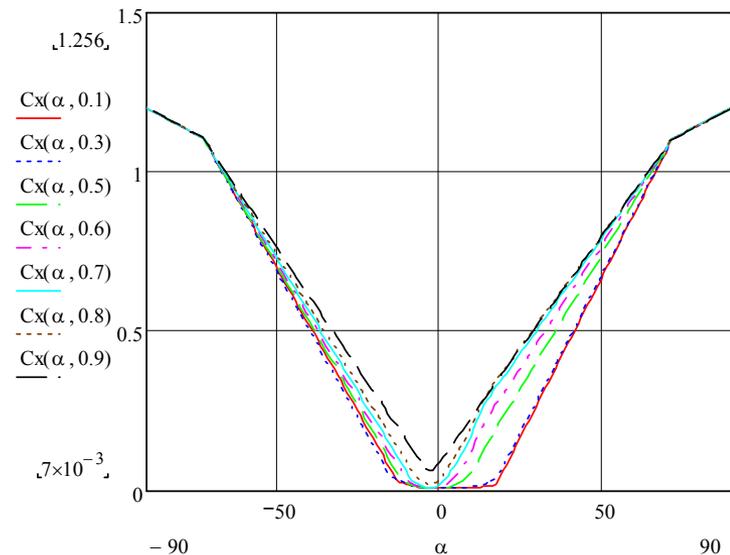


РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ АППРОКСИМАЦИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОФИЛЕЙ СЕЧЕНИЙ ЛОПАСТИ ВИНТА

в диапазоне углов атаки $-90 \leq \alpha \leq 90^\circ$

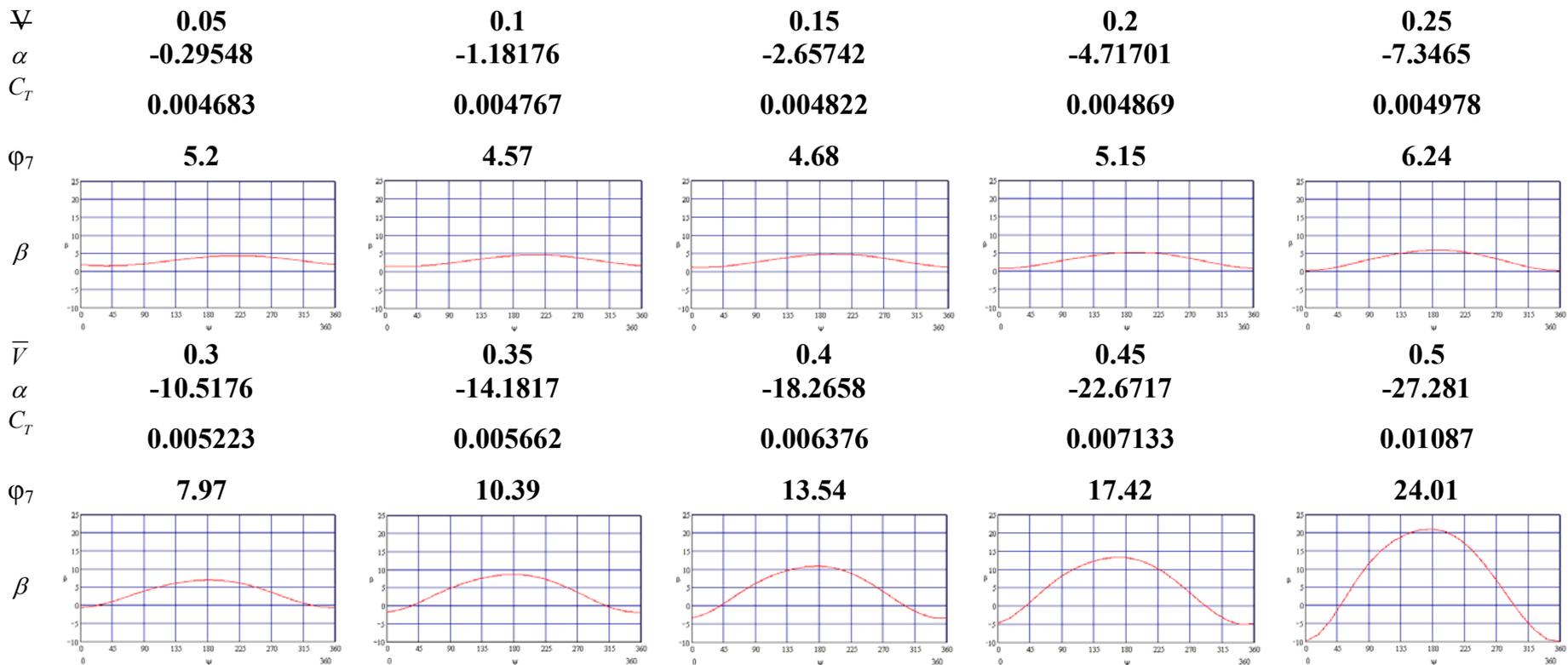


$C_y(\alpha, M)$

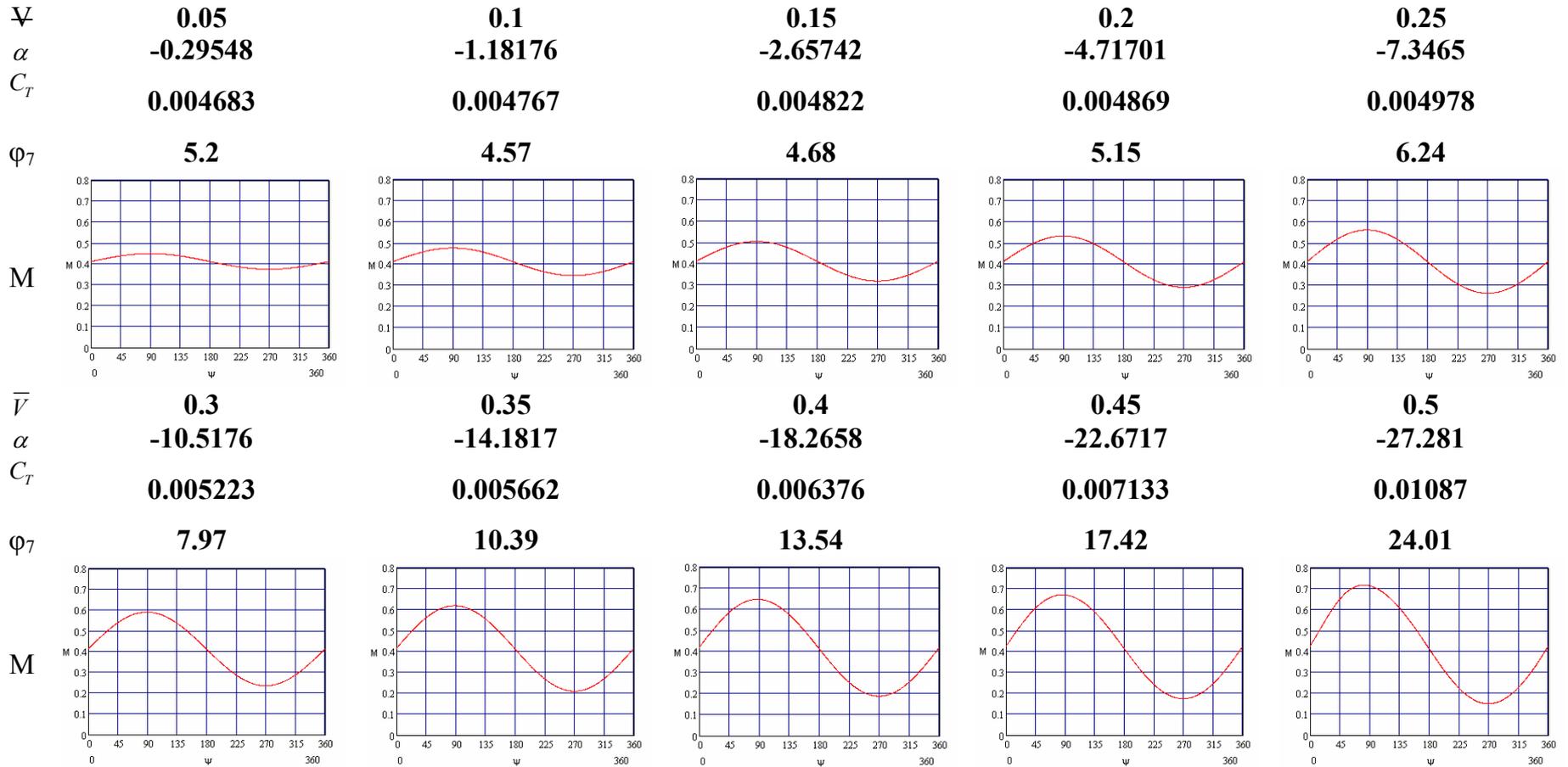


$C_{xp}(\alpha, M)$

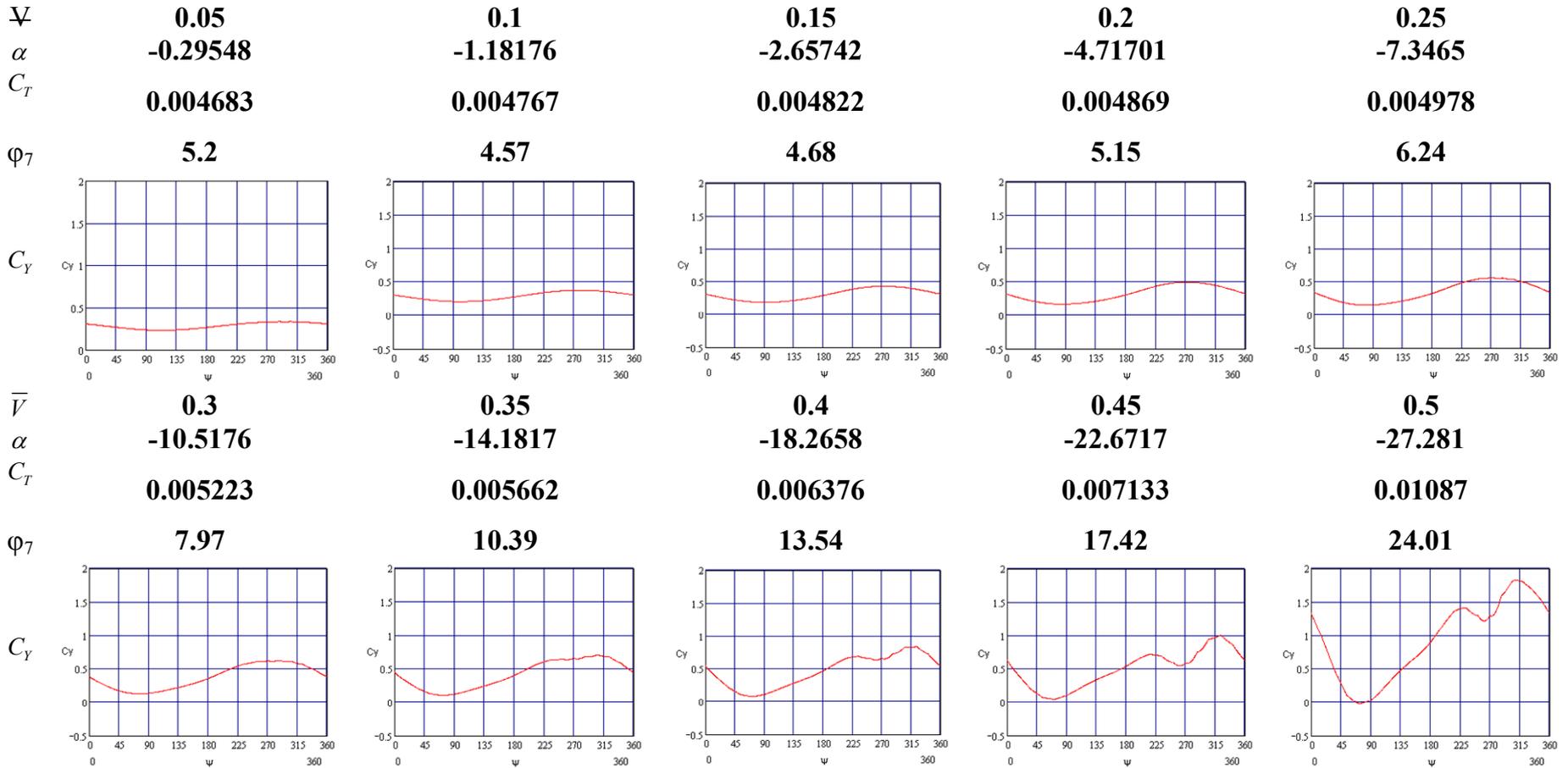
ЗАВИСИМОСТИ УГЛА ВЗМАХА ЛОПАСТИ β ОТ АЗИМУТА ψ ПО СКОРОСТЯМ ПОЛЕТА V



ЗАВИСИМОСТИ ЧИСЛА МАХА НА $r=0,7$ ОТ АЗИМУТА ψ ПО СКОРОСТЯМ ПОЛЕТА



ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ C_y ОТ АЗИМУТА ψ ПО СКОРОСТЯМ ПОЛЕТА V

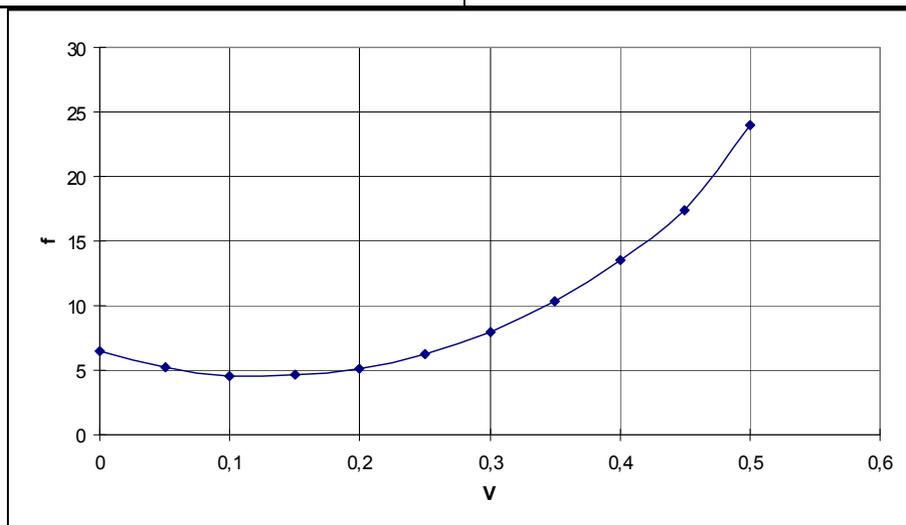
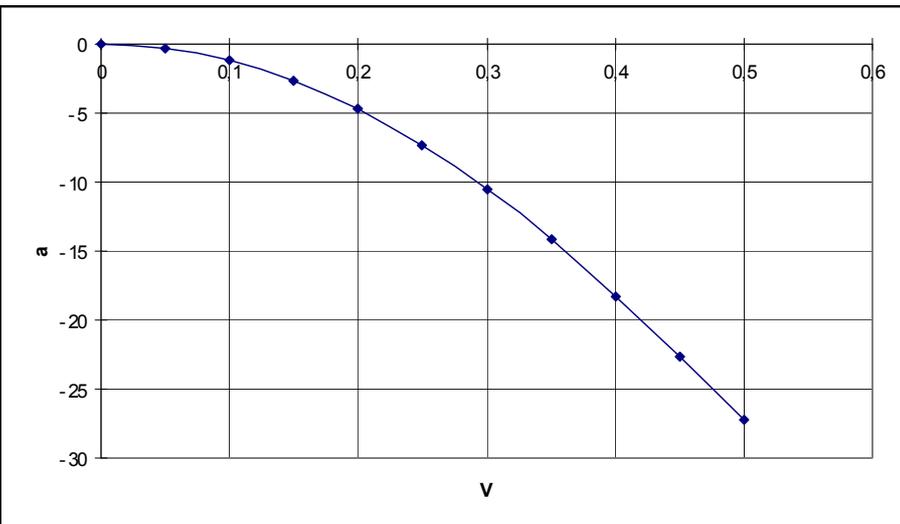
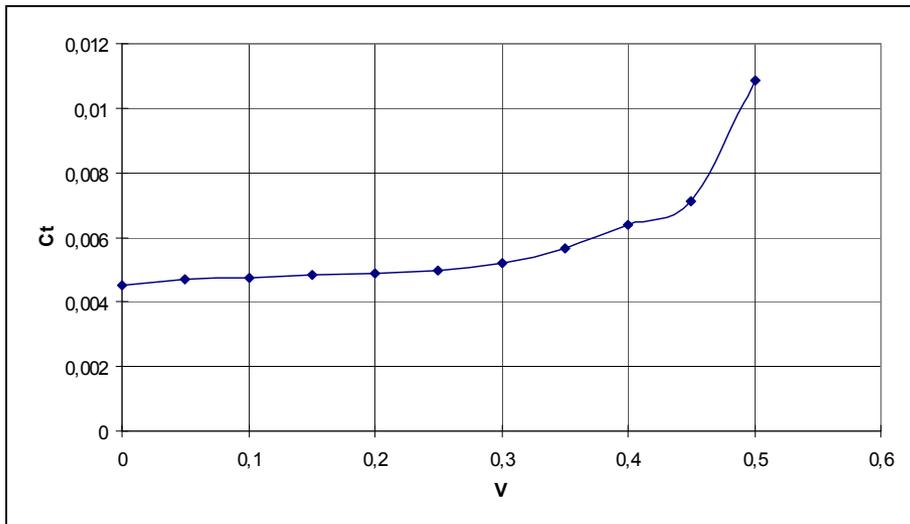


КОЭФФИЦИЕНТЫ МАХОВОГО ДВИЖЕНИЯ

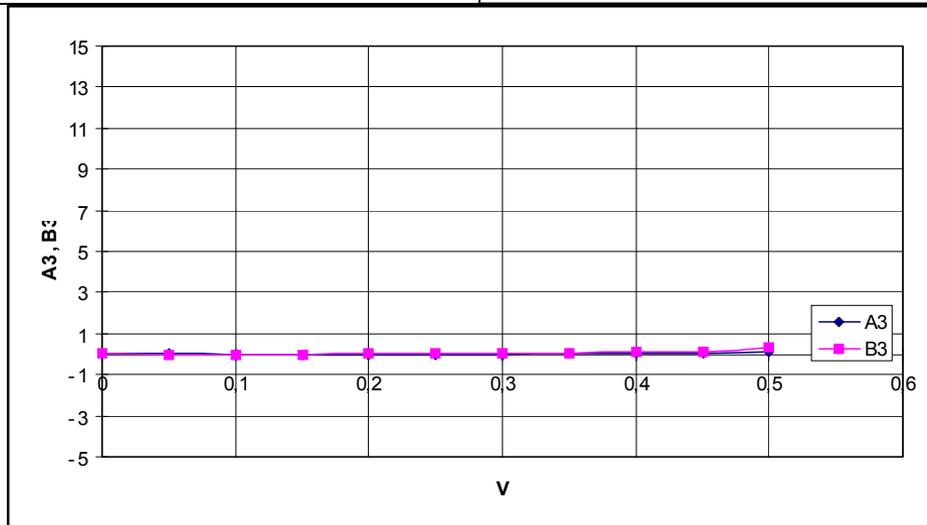
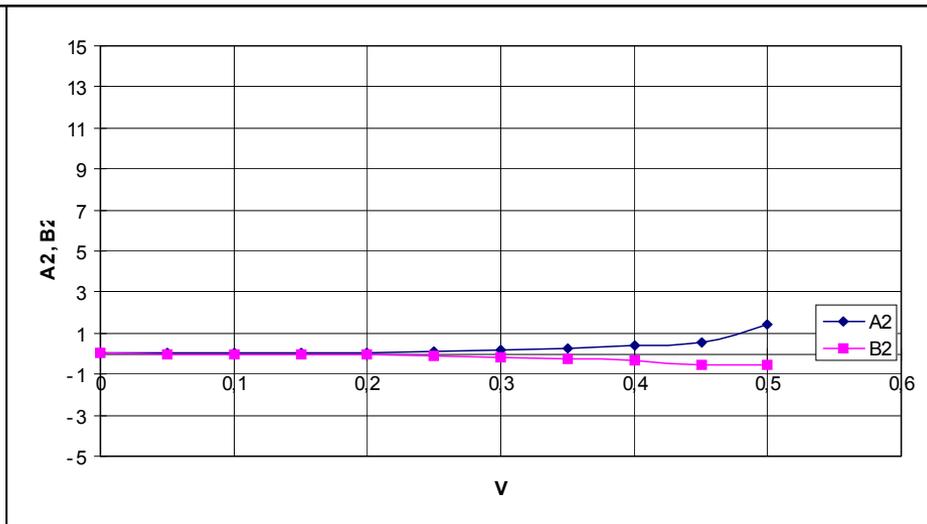
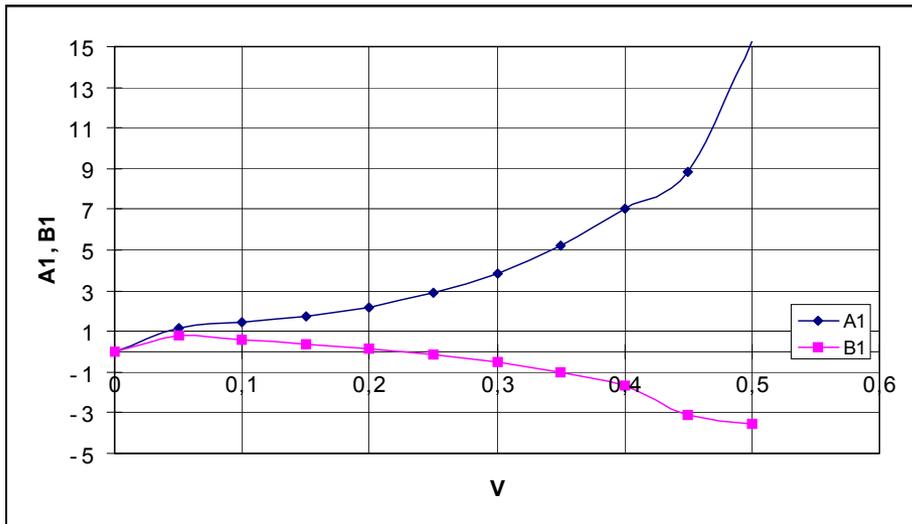
Гармоники

V	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
C_T	0,004538	0,004683	0,004767	0,004822	0,004869	0,004978	0,005223	0,005662	0,006376	0,007133	0,01087
α	0	-0,29548	-1,18176	-2,65742	-4,71701	-7,3465	-10,5176	-14,1817	-18,2658	-22,6717	-27,281
φ_7	6,49	5,2	4,57	4,68	5,15	6,24	7,97	10,39	13,54	17,42	24,01
A_6	3,04097	3,00261	2,99691	3,02089	3,05594	3,15429	3,35318	3,68356	4,19263	4,76054	6,88038
A_4	0,000159	1,18323	1,45748	1,77286	2,20865	2,86964	3,83753	5,19424	7,01992	8,81043	15,28201
A_2	0,000347	0,008395	0,01045	0,003451	0,06705	0,11312	0,18002	0,27791	0,42112	0,55187	1,43907
A_3	0,000175	0,01509	-0,01611	-0,01610	-0,0155	-0,01334	-0,00795	0,00288	0,02181	0,05648	0,10265
B_1	-0,000479	0,79247	0,59986	0,36046	0,13472	-0,14762	-0,52413	-1,03273	-1,70209	-3,08518	-3,51877
B_2	0,000084	-0,03214	-0,03111	-0,0385	-0,05767	-0,09207	-0,14792	-0,23356	-0,35868	-0,51331	-0,58391
B_3	0,00012	-0,01915	-0,01336	-0,00547	0,00322	0,01506	0,032	0,05617	0,08989	0,14127	0,30116

КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЯГИ И УГОЛЫ АТАКИ И УСТАНОВКИ



ГАРМОНИКИ МАХОВОГО ДВИЖЕНИЯ ЛОПАСТИ



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЕКТА

Цена разработки опытного образца	33,5 млн. у.е.
Затраты на серийное производство	0,23 млн. у.е.
Цена вертолѐта	0,61 млн. у.е.
Цена лѐтного часа	615,23 у.е.
Аэропортовые расходы	49,24 у.е./ч
Строительно-монтажные работы	692,47 у.е./ч.

РАСЧЕТ УРОВНЯ ПРИ ИСПЫТАНИИ ТОРСИОНА ВТУЛИ НЕСУЩЕГО ВИНТА

1. Выявлены вредные и опасные факторы шума , действующие на человека.

2. Произведен расчет методов снижения шума в результате которого оказалось, что для снижения уровня шума ниже предельного допустимого по всем средне геометрическим частотам октавных полос необходимо использовать объемные поглотители в виде шестигранных призм высотой 500 мм, расположенные на расстоянии 0,66 м и друг от друга и на расстоянии 0,6 м между их рядами, в количестве 1000 штук и облицовку цеха акустическими гипсовыми плитами, установленными без зазора вдоль стен сборочного цеха до высоты 10 м (при большем увеличении высоты применения плит они теряют свою эффективность).

3. Применение объемных звукопоглотителей дает достаточную защиту от шума в процессе испытаний, так как выполняется условие (рассчитанная величина снижения давления превосходит значение требуемого снижения шума в расчетной точке).

4. Во время испытаний необходимо чтобы допускаемый к работе персонал прошел специальный инструктаж по технике безопасности.