



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Ненад С. Тодић

**ИДЕНТИФИКАЦИЈА И
ОПТИМИЗАЦИЈА РАДНИХ И
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТАРА
КЛИПНО АКСИЈАЛНИХ ПУМПИ
ВОДНЕ ХИДРАУЛИКЕ**

докторска дисертација

Крагујевац, 2025.



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC
FACULTY OF ENGINEERING

Nenad S. Todić

**IDENTIFICATION AND OPTIMIZATION
OF WORKING AND CONSTRUCTIVE
PARAMETERS OF PISTON AXIAL WATER
HYDRAULIC PUMPS**

Doctoral Dissertation

Kragujevac, 2025.

Идентификациона страница докторске дисертације

Аутор
Име и презиме: Ненад Тодић
Датум и место рођења: 16.08.1978.године, Краљево
Садашње запослење: „Тотех“ Краљево
Докторска дисертација
Наслов: Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике
Број страница: 125
Број слика: 48
Број библиографских података: 111
Установа и место где је рад израђен: Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Научна област (УДК): Машинско инжењерство (621:532)
Ментор: Др Слободан Савић , редовни професор, Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Број и датум одлуке Већа универзитета о прихватању теме докторске дисертације: IV-04-806/12 од 09.10.2019. године, Универзитет у Крагујевцу

ПРЕДГОВОР

Докторска дисертација је реализована на Катедри за примењену механику и аутоматско управљање, Факултета инжењерских наука у Крагујевцу и представља резултат вишегодишњег научног истраживања.

Идентификацијом и оптимизацијом радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи за воду добијени су резултати на основу којих се може анализирати њихов степен корисности. Истражујући ове фундаменталне аспекте, основни циљ дисертације је примена истраживања у хидраулици.

Посебну захвалност изражавам ментору професору др Слободану Савићу на несебичној помоћи, коју ми је пружио током свих фаза израде докторске дисертације. Својим сугестијама и коментарима током писања докторске дисертације помогао ми је у формирању коначне верзије.

Велику захвалност дугујем професорима др Живојину М. Стаменковићу, др Душану Гордићу, др Вањи Шуштершич, др Снежани Вуловић, др Блажи Стојановићу и др Младену Јосијевићу. Њихове критике и сугестије су значајно унапредиле квалитет дисертације.

Захвалност дугујем професору др Радовану Петровићу на помоћи у реализацији експерименталног дела докторске дисертације.

Помоћ у изради докторске дисертације добио сам од колега из Лабораторије за инжењерски софтер, Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, који су ми омогућили коришћење софтвера ПАК. Подршку у реализацији експерименталних истраживања имао сам од Службе развоја и лабораторија ППТ Наменска из Трстеника.

Највећу захвалност дугујем својој породици на разумевању, стрпљењу и подршци коју су ми пружали током израде дисертације.

РЕЗИМЕ

Докторска дисертација под називом „Идентификација и оптимизација радних и конструктивних параметара клипно аксијалних пумпи водне хидраулике“ је свеобухватно истраживање које има за циљ побољшање карактеристика и степена корисности клипно аксијалних пумпи за воду. Истраживање обухвата различите фазе, почевши од увода у предмет и детаљног прегледа постојећих студија како би се установио контекст и идентификовали истраживачки недостаци.

Током израде дисертације развијен је математички модел радних процеса који су својствени клипним аксијалним хидрауличким пумпама за воду. Овај приступ омогућава детаљну анализу и разумевање рада пумпи у различитим радним условима. У оквиру дисертације, развијају се математички модели који представљају фазе рада пумпе. Ови модели обезбеђују теоријске основе за анализе и оптимизацију рада пумпе. Поред тога, развијени математички модели су подвргнути експерименталној провери рада пумпи под различитим условима рада, што омогућава валидацију модела. Овако комплексан приступ омогућава детаљну анализу радних процеса пумпе и идентификацију параметара који највише утичу на њен рад.

Значајан аспект дисертације је примена специјализованог компјутерског програма за идентификацију, експериментално испитивање и оптимизацију радних и конструктивних параметара пумпе. Структура и организација програма су детаљно размотрени, наглашавајући његову корисност у симулацији и анализи различитих сценарија у вези са клипно аксијалним пумпама за воду.

Резултати оптимизације пружају драгоцен увид у оптималне услове рада клипно аксијалних пумпи за воду. Кључни налази оптимизације садрже параметре као што су број клипова, пречник клипа и зазор између клипа и цилиндра.

У закључку докторске дисертације приказани су резултати истраживања који доприносе унапређењу пројектовања клипно аксијалних пумпи за воду. Резултати истраживања омогућују даља истраживања и развој у овој области, са импликацијама за побољшање степена корисности и поузданости пумпи у различитим индустријским применама.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: идентификација, оптимизација, клипно аксијална пумпа, водна хидраулика, радни и конструктивни параметри, математичко моделирање радних процеса, експериментално истраживање.

ABSTRACT

The doctoral dissertation entitled "Identification and Optimization of Working and Constructive Parameters of Axial Piston Water Hydraulic Pumps" is a comprehensive research aimed at improving the performance and efficiency of axial piston water pumps. The research consists of different phases, starting from an introduction to the topic and a detailed review of the existing studies in order to establish the context and identify research gaps in the field of water hydraulics.

The core of the dissertation is mathematical modelling of the work processes that are inherent in axial piston hydraulic water pumps. This approach enables a detailed analysis and understanding of the pump performance under different operating conditions. As part of the dissertation, mathematical models were developed to represent different stages of the pump operation. These models provide the theoretical basis for analysis and optimization of the pump operation. In addition, the developed mathematical models were experimentally tested under different operating conditions, which made it possible to validate the model. This complex approach enables a detailed analysis of the working processes of the pump as well as the identification of the parameters with the greatest effect on its operation.

An important aspect of the dissertation is the use of specialized computer software for identification, experimental testing and optimization of the working and structural parameters of the pump. The structure and organization of this software are discussed in detail, highlighting its usefulness in simulating and analyzing various scenarios related to axial piston water pumps.

The optimization results provide a valuable insight into the optimal operating conditions of axial piston water pumps. The key findings concerning optimization include parameters such as number of pistons, piston diameter and piston-to-cylinder clearance.

The conclusion part of the doctoral dissertation presents the research results that contribute to the improvement of the design of axial piston water pumps. The research results enable further research and development in this area, potentially leading to improvement in efficiency and reliability of pumps in various industrial applications.

KEY WORDS: Identification, optimization, axial piston pumps, water hydraulics, operating and structural parameters, mathematical modelling of the work processes, experimental testing.

ПРЕГЛЕД СЛИКА

- Слика 1. Контролни простори клипно аксијалне пумпе PPT VH10
- Слика 2. Разводна плоча клипно аксијалне пумпе PPT VH10
- Слика 3. Оптерећење разводне плоче у фази усисавања
- Слика 4. Оптерећење разводне плоче у фази потискивања
- Слика 5. Поље вертикалног померања материјала PEEK 1
- Слика 6. Поље вертикалног померања материјала PEEK 2
- Слика 7. Клинно аксијална пумпа PPT VH10
- Слика 8. Основне компоненте испитиване клипно аксијалне пумпе PPT VH10
- Слика 9. Шема испитне инсталације
- Слика 10. Испитни сто са инсталираном пумпом
- Слика 11. Претварач притиска PЗМА
- Слика 12. Мерна турбина типа PE 3 Hydrotechnik GMBH
- Слика 13. Мерни давач обртног момента и броја обртаја T30 FN
- Слика 14. Уређај за аквизицију и обраду података QuantumX MX840
- Слика 15. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP1
- Слика 16. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP2
- Слика 17. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP3
- Слика 18. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP4
- Слика 19. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP6
- Слика 20. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP5
- Слика 21. Збирни дијаграм измерених вредности радних параметара пумпе.
- Слика 22. Структура главног програма AKSIPVH за прорачун радних параметара клипно - аксијалне пумпе
- Слика 23. Структура потпрограма ECITERVH
- Слика 24. Дијаграм промене притиска p_c у цилиндру (фаза компресије) у зависности од промене пречника цилиндра D_c
- Слика 25. Пулзације притиска p_v у потисној комори у зависности од промене пречника цилиндра D_c
- Слика 26. Дијаграм тока притиска p_c у цилиндру у зависности од радијалног зазора Δr између клипа и цилиндра
- Слика 27. Дијаграм притиска p_c у цилиндру у зависности радијалног зазора Δr између клипа и цилиндра
- Слика 28. Дијаграм притисак p_v у потисној комори у зависности радијалног зазора Δr између клипа и цилиндра
- Слика 29. Дијаграм градијента пораста притиска p_c у цилиндру у зависности од садржаја гаса γ у радном флуиду
- Слика 30. Дијаграм притиска p_v у потисној комори у зависности од садржаја гаса γ у радном флуиду
- Слика 31. Дијаграм градијента пораста притиска у цилиндру p_c у зависности од угла β нагиба косе плоче

- Слика 32. Дијаграм пада притиска у цилиндру p_c у зависности од угла β нагиба косе плоче
- Слика 33. Дијаграм притиска у потисној комори p_v у зависности од угла β нагиба косе плоче
- Слика 34. Дијаграм градијента пораста притиска у цилиндру p_c у зависности од притиска усисавања p_u
- Слика 35. Дијаграм притиска у потисној комори p_v при промени притиска p_u у радном флуиду
- Слика 36. Дијаграм пулзација притиска у цилиндру p_c у фази компресије у зависности од угаоне брзине вратила n
- Слика 37. Дијаграм пулзације притиска p_v у потисној комори у зависности од угаоне брзине вратила n
- Слика 38. Дијаграм пулзације притиска p_v у потисној комори у зависности од величине запремине V_v потисне коморе
- Слика 39. Пораст притисак у цилиндру p_c у зависности од величине запремине штетног простора V_{cmin}
- Слика 40. Пад притисак у цилиндру p_c у зависности од величине запремине штетног простора V_{cmin}
- Слика 41. Пораст притисак потисне коморе p_v у зависности од величине запремине штетног простора V_{cmin}
- Слика 42. Дијаграм притиска у цилиндру p_c у зависности од промене угла почетка фазе усисавања α_2
- Слика 43. Дијаграм притиска у потисној комори p_v у зависности од промене угла почетка фазе усисавања α_2
- Слика 44. Дијаграма пада притисак у цилиндру p_c у зависности од дужине потисног цевовода L
- Слика 45. Дијаграм тока притиска у потисној комори p_v у зависности од дужине потисног цевовода L
- Слика 46. Дијаграм тока притиска у цилиндру p_c у зависности од промене полупречника цилиндарског блока R_v
- Слика 47. Дијаграм притиска у цилиндру p_c у зависности од промене полупречника цилиндарског блока R_v
- Слика 48. Дијаграм притиска у потисној комори p_v у зависности од промене полупречника цилиндарског блока R_v

ПРЕГЛЕД ТАБЕЛА

Табела 1.	Кључни конструктивни параметри и њихова оптимизација
Табела 2.	Радни параметри пумпе и њихова оптимизација
Табела 3.	Карактеристике материјала РЕЕК 1 и РЕЕК 2
Табела 4.	Радне и конструктивне карактеристике пумпе PPT VH10
Табела 5.	Режими рада примењени током процеса експерименталног испитивања
Табела 6.	Могућности и идентификатори главног програма AKSIPVH
Табела 7.	Улазни подаци за прорачун
Табела 8.	Датотека AKSIPVH.DAT карактеристичних параметара клипно-аксијалне пумпе
Табела 9.	Датотека IDEPAVH.DAT улазних параметара за идентификацију радног циклуса клипно аксијалне пумпе
Табела 10.	Датотека OPTIAVH.DAT улазних параметара за оптимизацију радног циклуса клипно аксијалне пумпе

ПРЕГЛЕД ОЗНАКА

A	Укупна површина свих клипова	m^2
A_c	Површина попречног пресека цилиндра	m^2
A_u	Површина попречног пресека усисног отвора.	m^2
A_o	Површина попречног пресека потисне коморе	m^2
D	Пречник клипа	m
E	Модул еластичности	N/mm^2
F	Сила коју ствара клип	N
g	Убрзање земљине теже	m/s^2
Δh	Висинска разлика између улаза и излаза	m
L	Дужина хода	m
$\dot{m}_u$	Масени проток на улазу у пумпу	kg/s
$\dot{m}_i$	Масени проток на излазу из пумпе	kg/s
n	Број обртаја вратила	o/min
p_u	Улазни притисак	Pa
p_p	Притисак усисне коморе	Pa
p_c	Притисак у цилиндру	Pa
p_i	Притисак потисне коморе	Pa
Q	Теоријски проток	l/min
R	Полупречник цилиндра	m
V_c	Запремина цилиндра	m^3
v	Брзина струјања флуида	m/s
v_u	Брзина флуида на усисном отвору	m/s
v_{ul}	Брзина флуида на улазу у комору	m/s
v_{iz}	Брзина флуида на излазу из коморе	m/s
v_k	Брзина клипа	m/s
x_k	Тренутни ход клипа	m
β	Угао нагиба плоче	$^\circ$
ε	Коефицијент стишљивости	Pa^{-1}
μ_l	Константа коефицијента протока улазног отвора	$/$
μ_o	Константа коефицијента протока излазног отвора	$/$
η	Степен корисности пумпе	$/$
ρ	Густина флуида	kg/m^3
ρ_p	Густина флуида усисне коморе	kg/m^3
ρ_o	Густина радног флуида у потисној комори	kg/m^3
ρ_c	Густина флуида унутар цилиндра	kg/m^3
φ	Угао ротације вратила пумпе	$^\circ$
ω	Тренутна угаона брзина погонског вратила пумпе	o/min

САДРЖАЈ

1	УВОД	1
1.1	Компоненте клипно аксијалне пумпе	1
1.2	Радни параметри.....	2
1.3	Радни циклус и фазе рада.....	3
1.4	Развођење течности	3
1.5	Математички модел.....	6
1.6	Компјутерски програми	6
1.7	Хидрауличка инсталација за експериментално испитивање	7
1.8	Експериментално испитивање радних параметара	8
1.9	Оптимизација конструктивних параметара.....	10
1.10	Оптимизација радних параметара.....	12
1.11	Предмет истраживања дисертације	13
1.12	Преглед досадашњих истраживања	14
2	МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ РАДНИХ ПРОЦЕСА У КЛИПНО АКСИЈАЛНОЈ ПУМПИ	19
2.1	Усисна фаза.....	19
2.2	Фаза компресије	20
2.3	Математичким модел радног циклуса пумпе.....	21
2.4	Анализа напона разводне плоче.....	23
2.4.1	Врсте материјала	25
2.4.2	Анализа напона при интеракцији радни флуид – разводна плоча	25
3	ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА У КЛИПНО АКСИЈАЛНОЈ ПУМПИ	29
3.1	Протокол експерименталног испитивања	29
3.2	Испитни сто за експериментално испитивање	31
3.3	Мерење протока.....	32
3.3.1	Мерење протока у функцији угаоне брзине погонског вратила и притиска.....	34
3.4	Технички подаци испитиване клипно аксијалне пумпе.....	35
3.5	Инсталација за експериментално испитивање	37
3.6	Резултати експерименталног испитивања	41

4	СТРУКТУРА, ОРГАНИЗАЦИЈА И ПРИМЕНА КОМПЈУТЕРСКОГ ПРОГРАМА ЗА МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ	45
4.1	Примена развијених математичких модела и компјутерског програма..	49
4.2	Систематско истраживање карактеристичних параметара.....	51
5	ИДЕНТИФИКАЦИЈА И ОПТИМИЗАЦИЈА РАДНИХ И КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТАРА	52
5.1	Идентификација параметара	52
5.1.1	Мерења протока и притиска	52
5.1.2	Мерења брзине погонског вратила пумпе.....	53
5.1.3	Мерење температуре воде.....	53
5.1.4	Мерења вибрација кућишта пумпе.....	54
5.1.5	Идентификација радних и конструктивних параметара модела клипно аксијалне пумпе PPT VH10.....	55
5.2	Оптимизација параметара	57
6	РЕЗУЛТАТИ ИДЕНТИФИКАЦИЈЕ И ОПТИМИЗАЦИЈЕ РАДНИХ И КОНСТРУКЦИОНИХ ПАРАМЕТАРА	59
6.1	Оптималан број клипова	59
6.1.1	Утицај броја клипова на појаву пулзације притиска и протока	59
6.2	Оптималан пречник клипа	61
6.3	Оптималан зазор између клипа и цилиндра	63
6.4	Садржај гаса у флуиду	66
6.5	Угао нагиба косе плоче	68
6.6	Притисак усисавања	70
6.7	Угаона брзина погонског вратила.....	71
6.8	Промена запремине потисне коморе	72
6.9	Промена величине запремине штетног простора.....	73
6.10	Угао почетка фазе усисавања.....	75
6.11	Дужина потисног цевовода	76
6.12	Полупречник цилиндарског блока.....	77
7	ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА.....	80
	ЛИТЕРАТУРА.....	85
	ПРИЛОГ.....	92

1 УВОД

Хидрауличке пумпе су кључни део система водне хидраулике, који користи воду као радни флуид уместо уља. Ове пумпе генеришу проток воде и притисак, омогућавајући пренос снаге кроз хидрауличке системе.

Водна хидраулика се користи у индустријама где је битно смањити ризик од контаминације околине, као што су прехранбена и фармацевтска индустрија. Вода је еколошки прихватљив медијум који не загађује околину у случају цурења. Водне хидрауличке пумпе се користе у системима за заштиту од пожара јер вода није запаљива, што повећава сигурност у критичним ситуацијама. У подводним операцијама, попут радова на нафтним платформама или подводним грађевинским пројектима, водна хидраулика може бити бољи избор јер вода не ствара проблеме с притисним заптивкама и не контаминира околину. У неким индустријским процесима, попут хидроформирања, користи се вода под високим притиском, што захтева коришћење специјализованих хидрауличких пумпи које могу радити с водом. У рударској индустрији, водне хидрауличке пумпе се користе у системима за испирање и у транспорту минерала, јер вода може бити коришћена директно из природних извора, смањујући трошкове и еколошки утицај.

Коришћење хидрауличких пумпи у водној хидраулици представља изазов због корозије и хабања компоненти услед контакта са водом, па су потребни посебни материјали и технологије за повећање поузданости и дуготрајности ових система.

1.1 Компоненте клипно аксијалне пумпе

Клипно аксијалне пумпе су тип хидрауличких пумпи које користе клипове распоређене аксијално у односу на погонску осовину за генерисање притиска и протока флуида. Главне компоненте клипно аксијалне пумпе су:

- *кућиште*; спољашњи део пумпе који обезбеђује структуралну потпору и штити унутрашње компоненте. Кућиште је обично израђено од чврстих материјала као што су челик или алуминијум.
- *погонска осовина*; осовина која преноси снагу са мотора или другог извора енергије на пумпу, узрокујући ротацију склопа клипова.
- *цилиндарски блок*; део који садржи низ цилиндара распоређених у круг. Клипови се крећу унутар ових цилиндара.
- *клипови*; клипови су цилиндрични елементи који се крећу унутар цилиндара, стварајући промену запремине која генерише проток флуида. Клипови се померају захваљујући ротацији цилиндра и утицају нагибне плоче или закривљеног диска.
- *коса плоча или закривљени диск*; овај део контролише померање клипова. Коса плоча се може подешавати како би се променио ход клипова, чиме се регулише количина испорученог флуида и притисак пумпе.
- *вентили*; вентили омогућавају улаз и излаз флуида из цилиндра. Могу бити уграђени директно у цилиндарски блок или као засебни елементи.
- *усисни и потисни отвори*; отвори кроз које флуид улази и излази из пумпе. Усисни отвор је повезан с резервоаром, док потисни отвор води флуид ка крајњој дестинацији, као што су хидраулички актуатори.
- *лежајеви*; лежајеви подржавају ротацију погонске осовине и цилиндра, смањујући трење и хабање.

- *заптивке*; заптивке су кључни елементи у хидрауличким системима. Њихова основна функција је спречавање цурења флуида, одржавање притиска и осигурање ефикасног рада система.
- Заптивке су кључни елементи у хидрауличким системима, без обзира да ли се ради о водној или уљној хидраулици.
- *механизам за регулацију*; у варијабилним аксијално клипним пумпама, овај механизам омогућава промену угла нагибне плоче, што омогућава промену протока и притиска флуида у систему.

1.2 Радни параметри

Радни параметри клипно аксијалне пумпе у водној хидраулици односе се на кључне вредности које дефинишу њене карактеристике и степен корисности. Ови параметри укључују:

- *радни притисак*; типични опсег од 100 до 350 bar. Водне хидрауличке пумпе обично раде на нижим притисцима у поређењу с уљним хидрауличким системима због физичких својстава воде (нижа вискозност и мања подмазујућа способност).
- *проток*; типични опсег од 10 до 200 l/min, зависно од величине и конструкције пумпе. Проток се дефинише количином воде коју пумпа може испоручити у јединици времена.
- *брзина ротације*; типични опсег од 500 до 3000 o/min. Максимална брзина зависи од конструкције пумпе и материјала који се користе, посебно због потенцијалне кавитације када се вода користи као радни флуид.
- *запремина по циклусу*; типични опсег од 5 до 250 cm³/o. Запремина воде коју пумпа премести током једног комплетног обртаја осовине. Ово зависи од броја и величине клипова, као и од угла нагибне плоче.
- *степен корисности*; механички степен корисности се односи на губитке због трења унутар механичких компоненти пумпе, а запремински степен корисности се односи на губитке притиска и цурења унутар пумпе. Типични степен корисности, механички и волуметријски заједно, обично се крећу између 85% и 95%.
- *температурни опсег*; типични опсег од 0 до 60°C. Водне хидрауличке пумпе обично раде у ограниченом температурном опсегу како би се избегла промена вискозности воде и потенцијални проблеми са заптивкама.
- *потрошња енергије*; типични опсег од 1 до 50 kW, у зависности од величине и оптерећења пумпе. Потрошња енергије је директно повезана с притиском и протоком који пумпа генерише.
- *ниво буке*; типични опсег од 60 до 85 dB. Ниво буке зависи од конструкције пумпе, брзине ротације, и оптерећења. Водне пумпе су тише од уљних због другачијих акустичних својстава воде.
- *капацитет резервоара*; у хидрауличким системима, капацитет резервоара зависи од система. Запремина резервоара мора да буде таква да се осигура стабилан рад пумпе, доток и умиривање радног флуида.
- *отпорност на кавитацију*; пумпе које раде са водом као радним флуидом морају бити пројектоване тако да је ризик од појаве кавитације минималан јер при њеној појави долази до оштећења пумпе и знатног смањења радног века.

1.3 Радни циклус и фазе рада

Један радни циклус клипно аксијалне пумпе за воду састоји се од четири главне фазе: усисна фаза, фаза компресије, фаза потиска и фаза повратка клипа. Ове фазе се одвијају унутар сваког цилиндра док се клип креће унутар њега, чиме се омогућава континуиран проток воде кроз пумпу.

Усисна фаза настаје када се клип помера уназад (удаљава од нагибне плоче), запремина цилиндра се повећава, стварајући потпритисак унутар цилиндра. Потпритисак омогућава води да уђе у цилиндар кроз усисни вентил из резервоара или извора флуида. Усисни вентил је отворен, док је потисни вентил затворен.

Фаза компресије настаје након што клип достигне крајњи положај при повлачењу, коса плоча или закривљени диск почиње да гура клип назад према горе. Запремина цилиндра почиње да се смањује, компресујући воду унутар цилиндра. Током овог периода, оба вентила остају затворена како би се створио притисак унутар цилиндра.

Фаза потиска настаје када се клип даље помера напред, запремина цилиндра се додатно смањује, а притисак у води расте до тачке где отвара потисни вентил. Компримована вода се потискује кроз потисни вентил и излази из пумпе ка систему под притиском. Потисни вентил је отворен, док је усисни вентил затворен. Фаза повратка клипа настаје након што је вода потиснута из цилиндра, клип се поново почиње померати уназад захваљујући ротацији нагибне плоче. Усисни вентил се поново отвара како би започео нови циклус, док се запремина цилиндра поново повећава. Усисни вентил је отворен, припремајући се за нову усисну фазу, док је потисни вентил затворен.

У клипно аксијалним пумпама, сви клипови раде синхронизовано у различитим фазама циклуса. Док један клип завршава фазу потиска, други клип је у фази усиса, што омогућава непрекидан проток флуида кроз пумпу. Погонска осовина се непрекидно окреће, што доводи до цикличног понављања ових фаза за сваки клип у цилиндарском блоку. Овај циклус се одвија веома брзо, омогућавајући ефикасан рад пумпе и константан проток воде кроз хидраулички систем.

1.4 Развођење течности

Улога разводне плоче је суштинска за правилно функционисање клипно аксијалних пумпи, јер директно утиче на проток, притисак, и целокупни степен корисности пумпе у хидрауличком систему.

Разводна плоча код клипно аксијалних пумпи за воду игра кључну улогу у контроли протока флуида између цилиндара пумпе и усисних/потисних отвора. Њена функција је да правилно усмери воду у пумпу и из пумпе током сваког радног циклуса, омогућавајући ефикасан рад и одржавање притиска у систему. Главне улоге разводне плоче су:

- *дистрибуција флуида*; разводна плоча има отворе или канале који су повезани с усисним и потисним отворима пумпе. Како се цилиндарски блок ротира, отвори на разводној плочи се поравнавају с цилиндрима, омогућавајући улаз воде у цилиндар током усисне фазе и излаз воде током фазе потиска.
- *одржавање заптивности*: разводна плоча осигурава заптивеност између високопритисних и нископритисних отвора. То је кључно за спречавање мешања флуида између усисних и потисних отвора, чиме се одржава степен корисности пумпе и спречава губитак притиска.
- *усмеравање протока*; разводна плоча усмерава проток воде тако да сваки клип у цилиндарском блоку пролази кроз правилну секвенцу усиса и потиска. То

омогућава синхронизацију циклуса између различитих цилиндара, што резултира глатким и континуираним радом пумпе.

- *подношење оптерећења*; разводна плоча такође мора подносити оптерећење које долази од притиска флуида. Мора бити израђена од материјала отпорног на хабање и корозију, јер се континуирано налази у контакту с водом под притиском.
- *регулација протока*; у неким конструкцијама аксијално клипних пумпи, разводна плоча може бити део механизма који омогућава варијабилно подешавање протока. То се постиже променом угла или положаја плоче у односу на цилиндарски блок, што утиче на количину флуида која се премести по циклусу.

Квалитет и материјал разводне плоче:

Разводне плоче у клипно аксијалним пумпама за воду обично су израђене од материјала отпорног на корозију и хабање, као што су легуре нерђајућег челика, керамике или специјално третирани материјали.

Површине разводне плоче које долазе у контакт са цилиндарским блоком морају бити прецизно обрађене и често имају заптивне елементе како би се осигурао максимални степен корисности.

Ослањање клипа на разводну плочу је кључни фактор за ефикасан рад клипно аксијалне пумпе. Прецизно конструисана интеракција између ових компоненти осигурава дуговечност и поузданост пумпе, посебно у захтевним применама као што су водни хидраулички системи. Клипови су у контакту с разводном плочом како би омогућили правилну дистрибуцију флуида између усисних и потисних отвора током ротације цилиндарског блока.

Принцип ослањања клипа на разводну плочу:

- *клипна глава*; клипови клипно аксијалне пумпе имају главу која се директно ослања на разводну плочу. Ова површина мора бити прецизно обрађена како би се осигурало добро пријањање и минимизирало трење између клипа и разводне плоче.
- *хидростатички ослонац*; у неким конструкцијама, између клипне главе и разводне плоче се формира танки филм воде који функционише као хидростатички ослонац. Овај филм воде смањује директно трење и хабање, омогућавајући клипу да „клизи“ по разводној плочи уз минималан губитак енергије. Хидростатички ослонац се формира захваљујући притиску воде у пумпи, који омогућава стабилно ослањање клипа на плочу без потребе за механичким лежајем.
- *контрола заптивености*; површина између клипне главе и разводне плоче мора бити прецизно заптивена како би се спречило цурење воде. Овај заптивни контакт омогућава клипу да се правилно ослања на плочу, осигуравајући оптималну дистрибуцију флуида. Заптивке или прецизно обрађене површине често се користе како би се осигурао поуздан контакт без цурења.
- *сила ослањања*; клипови су под константним притиском унутар цилиндра због притиска флуида, што осигурава да клип остаје у контакту с разводном плочом током рада. Сила ослањања је генерисана комбинацијом хидрауличког притиска и конструкције цилиндра и клипова, која осигурава да се клипови правилно враћају у положај у сваком циклусу.

Како би се смањило хабање на контактної површини између клипова и разводне плоче, оба елемента су израђена од материјала високе отпорности на хабање, често с додатним третманима површине, попут нитрирања или карбурисања. У неким системима, вода која се користи као радни флуид може садржати адитиве који побољшавају подмазивање, смањујући трење између клипа и разводне плоче.

Прорачун разводне плоче у клипно аксијалној пумпи захтева пажљиво разматрање различитих фактора, укључујући механичка оптерећења, хидрауличке силе, трење, хабање, заптивеност и термалне ефекте. Различите методе прорачуна могу се применити како би се осигурао оптимални степен корисности и дуговечност плоче.

- *Аналитички прорачун*; користи основне принципе механике флуида и статике за прорачун сила и напрезања у разводној плочи. Овај прорачун укључује одређивање сила које делују на разводну плочу, као што су хидраулички притисак, контактне силе између клипова и плоче, и оптерећења изазвана трењем. Аналитички прорачун је користан за прелиминарну конструкцију пумпе и процену оптерећења, али може бити ограничен у сложенијим сценаријима због поједностављених претпоставки.
- *Метода коначних елемената*; користи се за детаљну анализу напрезања, деформација и дистрибуције оптерећења на разводној плочи. Омогућава симулацију различитих радних услова, укључујући термалне ефекте и промене у притиску. Користи се за оптимизацију конструкције разводне плоче, као и за идентификацију критичних тачака које су подложне оштећењима. Прецизност и могућност симулације сложених геометрија и оптерећења чине ову методу веома ефикасном за оптимизацију конструкције.
- *Хидростатички прорачун*; фокусира се на анализу хидростатичког ослоња између клипова и разводне плоче. Прорачуном се одређују дебелина и стабилност слоја флуида који се формира између клипа и плоче. Посебно је користан за процену подмазивања и минимизације трења између клипова и плоче. Хидростатички прорачун се користи за оптимизацију радног притиска и протока флуида кроз канале разводне плоче.
- *Термална анализа*; анализира се како топлота, генерисана трењем и радом под високим притиском, утиче на разводну плочу. Термална анализа помаже у идентификацији потенцијалних проблема са прегревањем и термалним деформацијама које могу утицати на заптивеност и степен корисности пумпе. Такође може помоћи у пројектовању система за хлађење. Често се користи у комбинацији с методом коначних елемената за симулацију топлотних ефеката.
- *Динамичка анализа*; разматра вибрације, динамичка оптерећења и промене у радним параметрима током времена. Ова анализа помаже у предвиђању динамичког понашања разводне плоче под променљивим условима рада, као што су варијације притиска и брзине ротације. Овим приступом могу се идентификовати потенцијални проблеми с резонанцијом или замором материјала. Динамичка анализа се често спроводи користећи софтверске алате за симулацију динамике флуида и структура.

1.5 Математички модел

Математички модел клипно аксијалне пумпе за воду може се описати низом једначина које укључују хидрауличке, механичке и термодинамичке аспекте њеног рада. Ове једначине обухватају притиске, протоке, запремине, силе, момент, брзине ротације и степен корисности пумпе. Главне једначине које се користе за описивање рада клипно аксијалне пумпе су:

- *једначина протока*; проток воде кроз пумпу зависи од радног помераја пумпе и угаоне брзине погонског вратила.
- *једначина снаге*; потребна снага за рад пумпе зависи од притиска флуида, протока и степена корисности пумпе.
- *једначина момента*; момент потребан за покретање пумпе зависи од радног помераја, притиска и степена корисности.
- *једначина радне запремине флуида*; запремина флуида коју пумпа премести по обртају одређује се геометријом пумпе.
- *једначина континуитета*; осигурава да је маса флуида сачувана кроз пумпу.
- *једначина губитка притиска због трења*; описује пад притиска услед трења флуида у каналима пумпе.
- *једначина степена корисности*; укупан степен корисности пумпе је продукт механичког, запреминског и хидрауличног степена корисности.
- *једначина губитка енергије услед трења*; ова једначина описује губитке енергије услед трења између клипова и цилиндара, као и између клипова и разводне плоче.

Ове једначине чине основу математичког модела клипно аксијалне пумпе, омогућавајући инжењерима да прорачунају карактеристике пумпе под различитим условима рада и оптимизују њену конструкцију за специфичне примене.

1.6 Компјутерски програми

Постоје развијени компјутерски програми специјализовани за прорачун и симулацију клипно аксијалних пумпи, укључујући оне које раде са водом као радним флуидом. Ови програми омогућавају инжењерима да детаљно анализирају карактеристике пумпи, оптимизују конструкцију и симулирају различите радне услове.

Најпознатији програми који се користе за те намене су:

1. *Simcenter Amesim* је програм за симулацију мехатроничких система, укључујући хидрауличке компоненте попут аксијално клипних пумпи. Омогућава симулацију динамике флуида, механичких и термодинамичких ефеката. Користи се за моделирање, симулацију и оптимизацију перформанси хидрауличких система. Програм нуди детаљне моделе за аксијално клипне пумпе, укључујући прорачун снаге, протока, губитака енергије и динамике флуида.
2. *MATLAB/Simulink*; *MATLAB* у комбинацији са *Simulink* модулom омогућава креирање прилагођених модела аксијално клипних пумпи. Корисници могу користити математичке једначине за креирање симулација рада пумпе. *MATLAB/Simulink* је флексибилан алат за прилагођено моделирање и симулацију хидрауличких система. Користи се за анализу и оптимизацију дизајна, укључујући нелинеарне ефекте и динамичке симулације.
3. *Dymola*; *Dymola* је алат за моделирање и симулацију мултидисциплинарних инжењерских система. Пружа модуле за хидрауличке системе, укључујући

аксијално клипне пумпе. Омогућава моделирање динамичких система, што укључује симулацију рада пумпи под различитим условима притиска, брзине ротације и оптерећења.

4. *PumpLinx*; PumpLinx је специјализовани компјутерски програм за симулацију рада пумпе, компресора и турбина. Омогућава детаљну анализу понашања флуида унутар аксијално клипних пумпи. PumpLinx је посебно користан за симулацију хидрауличног и термалног понашања унутар пумпи. Омогућава анализу протока, притиска, кавитације и снаге флуида у реалним условима рада.
5. *Ansys Fluent* и *OpenFoam* програми омогућавају симулацију динамике флуида унутар аксијално клипних пумпи. Они омогућавају детаљну анализу протока, притиска, турбуленције и термичких ефеката. Користе се за симулацију и оптимизацију конструкције пумпи, анализу сложених геометрија и идентификацију потенцијалних проблема попут кавитације.
6. *AKSIP*; компјутерски програм је користан за инжењере и истраживаче који се баве математичким моделирањем и експерименталним испитивањем хидрауличких клипних пумпи. Модули овог програма идентификују и оптимизирају радне и конструктивне параметре аксијално клипних пумпи уз истовремену обраду експерименталних резултата и резултата добијених математичких моделирањем.

1.7 Хидрауличка инсталација за експериментално испитивање

Хидраулична инсталација за експериментално испитивање клипно аксијалних пумпи за воду састоји се од неколико кључних компоненти које омогућавају прецизно мерење, контролу и анализу карактеристика пумпе под различитим радним условима. Инсталација треба да омогући симулацију стварних радних услова и прикупљање релевантних података.

Основне компоненте су:

- *Тестирана клипно аксијална пумпа*; ово је централни део инсталације. Пумпа се повезује на остатак система како би се испитали њени радни параметри, попут протока, притиска, степена корисности и снаге.
- *Електромотор*; користи се за покретање клипно аксијалне пумпе. Мотор мора бити контролисан тако да омогућава промену брзине ротације како би се симулирали различити радни услови. Могуће је користити фреквентни регулатор за прецизну контролу брзине мотора.
- *Резервоар за воду*; служи као извор радног флуида (воде) за систем. Резервоар мора бити дизајниран тако да омогућава континуирани проток воде без увођења ваздуха у систем. Резервоар треба да има довољан капацитет да осигура стабилан рад током целог експеримента.
- *Мерна опрема*:
 - а. Сензори притиска: смештени на улазу и излазу пумпе. Ови сензори мере притисак флуида. Користе се за прорачун диференцијалног притиска и за анализу радног стања пумпе.
 - б. Протокомери: мерење протока воде кроз пумпу је кључно за одређивање перформанси. Протокомери су обично смештени на излазу из пумпе.

- c. Сензори температуре: мере температуру флуида и компоненти система како би се пратили термални ефекти и термална стабилност пумпе.
 - d. Сензори обртног момента: монтирани на погонској осовини, мере момент потребан за рад пумпе, што омогућава прорачун механичког степена корисности.
- *Регулациона опрема*
 - a. Вентили за регулацију протока: Користе се за подешавање протока воде кроз систем. Омогућавају симулацију различитих радних оптерећења и прилагођавање услова експеримента.
 - b. Вентили за контролу притиска: Ови вентили омогућавају контролу притиска у систему и симулацију различитих радних услова.
 - c. “By-pass” вентил: Омогућава преусмеравање протока флуида како би се избегло преоптерећење система или пумпе.
 - *Систем за хлађење* је потребан за одржавање температуре радног флуида на одређеном нивоу. Ово је посебно важно ако експериментални циклус траје дуже време или ако пумпа ради под високим оптерећењем. Могуће је користити измењиваче топлоте или додатне резервоаре за хлађење флуида.
 - *Систем за прикупљање података* повезује сензоре и мерну опрему са рачунаром, где се прикупљени мерни подаци (притисак, проток, температура, момент) анализирају у реалном времену. Програми MX Assistant, LabView, AKSIP омогућавају праћење, прикупљање и анализу података за хидруличке системе.
 - *Повезивање цеви и фитинга*

Цеви, спојнице и фитинзи морају бити одговарајуће димензионисани и повезани како би се осигурао правилан проток флуида и минимални губици притиска. Материјали цеви морају бити компатибилни с водом и отпорни на корозију.
 - *Сигурносни уређаји*

Сигурносни вентили, прекидачи за притисак и заштитни системи су неопходни за спречавање оштећења система и опреме током експеримента, посебно у случају прекомерног притиска или прегревања.
 - *Прикључак за испитивање кавитације*

Кавитација може бити значајан проблем у аксијално клипним пумпама. Инсталација може укључивати посебну мерну опрему за праћење и анализу кавитације, као и уређаје за симулацију кавитационих услова.

1.8 Експериментално испитивање радних параметара

Експериментално испитивање аксијално клипне пумпе за воду укључује мерење и анализу више кључних параметара како би се процениле карактеристике пумпе под различитим радним условима. Ови параметри омогућавају процену степена корисности, поузданости и стабилности пумпе. Најважнијих параметари које треба испитати су:

- *Проток*

Количина воде коју пумпа може да испоручи по јединици времена. Проток се мери на излазу из пумпе и представља основни индикатор перформанси пумпе. Методе мерења: Протокомери (као што су ултразвучни, електромагнетни или механички протокомери).

- *Притисак*

- Улазни притисак: Притисак на улазу у пумпу који утиче на способност пумпе да усиса воду.
- Излазни притисак: Притисак на излазу из пумпе који указује на способност пумпе да испоручи воду под одређеним оптерећењем.
- Диференцијални притисак: Разлика између излазног и улазног притиска, која је кључна за прорачун снаге и степена корисности пумпе.

- *Обртни момент на осовини*

Момент који се примењује на осовину пумпе како би се обезбедио рад пумпе. Мерење обртног момента је кључно за прорачун механичке снаге и степена корисности.

- *Снага*

- Улазна снага: Електрична снага коју мотор троши за покретање пумпе.
- Хидрауличка снага: Снага коју пумпа испоручује флуиду, израчуната на основу притиска и протока.

- *Степен корисности*

Однос између хидрауличке снаге и улазне снаге, често изражен као укупни, механички и запремински степен корисности.

- *Температура*

Температура флуида и компоненти пумпе (као што су клипови, разводна плоча, лежајеви) утичу на вискозност флуида, трење и потенцијално прегревање.

Методе мерења: термопарови или инфрацрвени сензори постављени на критичне тачке система.

- *Запремински степен корисности*

Однос између стварног протока флуида кроз пумпу и теоретског максималног протока. Овај параметар указује на губитке услед цурења унутар пумпе. Процењује се на основу мерења протока и притиска.

- *Механички степен корисности*

Однос између хидрауличке снаге коју пумпа испоручује и снаге потребне за покретање пумпе. Овај параметар обухвата губитке услед трења и других механичких отпора. Користи податке о моменту, брзини ротације и притиску.

- *Вибрације*

Вибрације осовине и компоненти пумпе могу указивати на механичке несавршености, проблеме са балансирањем и структурне проблеме компоненти пумпе.

Методе мерења: акцелерометри постављени на кључне тачке пумпе.

- *Бука*

Ниво буке коју пумпа производи током рада може бити индикатор проблема са трењем, кавитацијом или лошим подмазивањем.

Методe мерења: фонометри постављени у близини пумпе.

- *Кавитација*

Кавитација доводи до пада или снижења радне карактеристике пумпе и оштећења компоненти пумпе. Кавитација се испитује како би се осигурала дуготрајност пумпе.

Методe мерења: праћење притиска и анализа вибрација или акустичних сигнала.

- *Цурење*

Цурење флуида из пумпе, било интерно или екстерно, може указивати на проблеме са заптивањем и смањити степен корисности пумпе.

Методe мерења: визуелна инспекција или употреба сензора за детекцију цурења.

Експериментално испитивање ових параметара омогућава детаљну анализу перформанси аксијално клипне пумпе, идентификацију потенцијалних проблема и оптимизацију конструкције пумпе.

1.9 Оптимизација конструктивних параметара

Оптимизација конструктивних параметара клипно аксијалне пумпе водне хидраулике може значајно побољшати њене перформансе, степен корисности, поузданост и дуготрајност. Кључни конструктивни параметри и њихова оптимизација дати су у Табели 1.

Табела 1. Кључни конструктивни параметри и њихова оптимизација

Редни број	Конструктивни параметар	Опис параметра	Оптимизација параметра
1	Пречник клипа	Пречник клипа директно утиче на запремину флуида коју пумпа испоручује по циклусу. Већи пречник повећава проток, али може повећати трење и смањити степен корисности.	Постизање баланса између довољног протока и минимизације трења и губитака снаге.
2	Ход клипа	Ход клипа одређује запремину флуида коју пумпа може испоручити. Дужи ход повећава проток, али може довести до већег хабања и оптерећења компоненти	Прилагођавање хода клипа у складу са жељеним карактеристикама и дуготрајношћу.
3	Број клипова	Број клипова утиче на равномерност рада и капацитет пумпе. Више клипова омогућава равномернији проток, али повећава сложеност и трошкове.	Број клипова за постизање оптималног баланса између равномерног рада и трошкова.
4	Угао нагиба нагибне плоче	Ход клипа и самим тим запремина испорученог флуида	Одредити оптималан угао за различите радне

		зависе од угла нагибне плоче. Подесиви угао омогућава промену протока у зависности од потреба хидрауличког система.	услове како би се постигао максимални степен корисности и флексибилност
5	Материјал клипова и цилиндара	Материјал клипова и цилиндара утиче на отпорност на хабање, корозију и термалне ефекте. Избор материјала може значајно утицати на дуготрајност и поузданост пумпе.	Избор материјала који обезбеђује високу отпорност на хабање и корозију, уз минималне губитке трења.
6	Профил клипа и заптивача	Конструкција клипа и заптивача утиче на степен корисности заптивања и минимизацију цурења. Профил клипа може бити оптимизован за смањење трења и побољшање заптивања	Оптимизација профила за минимизацију цурења и трења, док се одржава стабилност и поузданост заптивања.
7	Разводна плоча	Разводна плоча контролише проток флуида између клипова и излаза пумпе. Њена конструкција утиче на губитке енергије, степен корисности и буку.	Облик и величина отвора на разводној плочи могу се оптимизовати за смањење турбуленције, губитака притиска и буке.
8	Основни распоред клипова	Распоред клипова у цилиндарском блоку утиче на балансирање пумпе, вибрације и униформност протока.	Конструкција која обезбеђује оптималну равнотежу, минимизује вибрације и обезбеђује равномеран проток.
9	Лежајеви	Квалитет и конструкција лежајева утиче на стабилност осовине и рад пумпе.	Избор и конструкција лежајева минимизују трење, смањују вибрације и продужавају радни век пумпе.
10	Систем подмазивања	Систем подмазивања је кључан за смањење трења и хабања компоненти пумпе. Ефикасан систем подмазивања може значајно повећати поузданост пумпе	Оптимизација типа и количине мазива, као и распореда подмазивања, за максимални степен корисности и смањење хабања.
11	Канали за проток флуида	Облик и величина канала за проток флуида унутар пумпе утичу на губитке притиска и степен корисности.	Конструкција канала који минимизује турбуленцију, смањује губитке притиска и оптимизује проток.
12	Балансирање компонената	Равнотежа ротационих и покретних делова, као што су осовина и клипови, утиче на вибрације, буку и дуготрајност.	Прецизно балансирање како би се минимизирале вибрације, смањила бука и повећала стабилност.

Оптимизација ових конструктивних параметара омогућава развој аксијално клипних пумпи које су ефикасније, поузданије и прилагођене специфичним потребама за различите примене.

1.10 Оптимизација радних параметара

Оптимизација радних параметара аксијално клипне пумпе водне хидраулике (Табела 2.) кључна је за постизање максималног степена корисности, поузданости и дуготрајности пумпе у специфичним радним условима. Ови параметри укључују различите аспекте рада пумпе, као што су притисак, проток, снага и температура, а њихова оптимизација омогућава прилагођавање карактеристика пумпе потребама одређене примене.

Табела 2. Радни параметри пумпе и њихова оптимизација

Редни број	Радни параметар	Оптимизација параметра	Метод
1	Проток	За ефикасну испоруку воде са минималним губицима, неопходно је оптимизовати проток пумпе. Ово се постиже пажљивим подешавањем угла нагибне плоче и прецизним одабиром броја и пречника клипова, у складу са специфичним захтевима система.	Варирање брзине ротације (помоћу фреквентног регулатора) и оптимизација угла плоче како би се обезбедио стабилан и ефикасан проток
2	Притисак	Притисак треба оптимизовати у складу са захтевима система. Сувише висок притисак може довести до прекомерног хабања компоненти, док пренизак притисак може смањити степен корисности.	Коришћење вентила за регулацију притиска, оптимизација угла нагибне плоче и прецизна контрола брзине ротације мотора.
3	Снага	Ангажована снага треба бити оптимизована како би се постигао максимални степен корисности пумпе. Циљ је минимизирати потрошњу енергије уз одржавање жељених перформанси.	Оптимизација односа између протока и притиска, прилагођавање угла нагибне плоче и контрола рада погонског мотора.
4	Степен корисности	Степен корисности пумпе се може оптимизовати смањењем унутрашњих губитака, као што су трење и цурење. Ова оптимизација укључује побољшање механичког, запреминског и укупног степена корисности.	Прилагођавање хода клипа, оптимизација заптивача, балансирање ротационих компоненти и побољшање подмазивања
5	Температура	Температура флуида и компоненти треба бити одржавана унутар оптималних граница како би се спречило	Имплементација система за хлађење, оптимизација протока кроз критичне компоненте, и

		прегревање и деградација материјала. Топлотна стабилност пумпе је кључна за дуготрајност и поузданост.	избор материјала отпорног на високе температуре.
6	Број обртаја погонског вратила	Број обртаја погонског вратила утиче на проток, притисак и снагу пумпе. Оптималан број обртаја зависи од жељених перформанси и радних услова.	Коришћење фреквентног регулатора за прилагођавање броја обртаја погонског вратила према захтевима система.
7	Контрола кавитације	Кавитација може изазвати озбиљна оштећења пумпе, па је неопходно оптимизовати радне услове како би се минимизовала могућност њеног настанка.	Оптимизација притиска на улазу у пумпу, контрола броја обртаја и протока како би се избегле турбуленције које узрокују кавитацију
8	Режим рада	Режим рада пумпе, укључујући континуирани и повремени рад, треба оптимизовати у складу са захтевима примене како би се постигао максимални степен корисности и дуготрајност.	Прилагођавање угла нагибне плоче и број обртаја за различите режиме рада, као и планирање циклуса рада у складу са потребама система.

Оптимизација радних параметара захтева пажљиву анализу експерименталних података, као и употребу симулација и математичких модела како би се постигле најбоље могуће перформансе аксијално клипне пумпе за воду у специфичним условима.

1.11 Предмет истраживања дисертације

Примарни задатак истраживања дисертације је математичко моделирање и експериментално испитивање у циљу утврђивања најбољих перформанси аксијално клипне пумпе за воду у специфичним условима.

У том циљу дисертацијом су спроведене анализе и истраживања кроз 7 поглавља са следећим садржајем:

1. Увод
2. Математичко моделирање радних процеса у клипно аксијалној пумпи
3. Експериментално испитивање процеса у клипно аксијалној пумпи
4. Структура, организација и примена компјутерског програма за математичко моделирање клипно аксијалних пумпи
5. Методе идентификације и оптимизације радних и конструктивних параметара клипно аксијалне пумпе
6. Резултати идентификације и оптимизације радних и конструктивних параметара клипно аксијалне пумпе
7. Закључна разматрања

1.12 Преглед досадашњих истраживања

Елаборат научно истраживачког пројекта “Развој методологије прорачуна аксијалних клипних пумпи и мотора за хидростатички пренос снаге“, финансиран од стране Републичког фонда за технолошки развој, период 1991-93. године. Руководилац пројекта *проф. др Радован Славковић*, Машински факултет Крагујевац. У оквиру овог пројекта методом коначних елемената проучавана је интеракција флуида и покретних делова клипно аксијалне пумпе [1].

Елаборат научно истраживачког пројекта Евиденциони број 1.5.1208, „Експериментално истраживање и математичко моделирање клипно-аксијалних пумпи“, финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Хидраулика Трстеник у периоду 1996-97. године. Руководилац пројекта *проф. др Раде Јанков*, Машински факултет Београд. У оквиру овог пројекта извршена су експериментална испитивања радних карактеристика клипно аксијалне пумпе у функцији угла обртања погонског вратила и дефинисан је основни концепт софтвера AKSIP. Анализирајући су резултати испитивања, а посебно пулзације притиска у фазама усисавања и потискивања. У софтверу AKSIP разрађен је модул за графичку обраду дијаграма са експерименталних испитивања за сваки инкремент од 0,09 степени погонског вратила пумпе [2].

Елаборат научно истраживачког пројекта Евиденциони број МИС. 3.07.0090.А, „Развој методологија и софтвера за пројектовање, симулацију и оптимизацију радијално-клипних пумпи“, област: Машинство и инжењерски софтвер. Финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Хидраулика Трстеник у периоду 2002-2004. године. Руководилац пројекта *доц. др Радован Петровић*, Машински факултет Краљево. У оквиру овог пројекта извршена је даља надоградња софтвера AKSIP, посебно за фазе усисавања и потискивања при вентилском развођењу радног флуида [3].

Елаборат научно истраживачког пројекта Евиденциони број ТР 6371А, ”Развој методологија и софтвера за пројектовање, симулацију и оптимизацију крилних пумпи”, област: Инжењерски софтвер. Финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Наменска Трстеник у периоду 2005-2007. године. Руководилац пројекта *др Радован Петровић*, Машински факултет Краљево. У оквиру овог пројекта вршена је надоградња софтвера AKSIP, уводећи моделирање фазе усисавања и последице које се јављају при кавитацији у раду крилних пумпи [4].

Елаборат научно истраживачког пројекта Евиденциони број ТР 12001, ”Развој методологија и софтвера за пројектовање, симулацију и оптимизацију хидрауличких цилиндара великих габарита” област: Инжењерски софтвер. Финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Цилиндри Трстеник за период 2008-2011. године. Руководилац пројекта *др Радован Петровић, ванредни професор*, Машински факултет Краљево. У оквиру овог пројекта анализиран је степен корисности клипно аксијалне пумпе у раду хидрауличких система мобилних машина, где су цилиндри примарни радни органи [5].

Елаборат научно истраживачког пројекта, Евиденциони број ТР 32036, „Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема“, област Машинство. Финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Наменска Трстеник. Руководилац пројекта *др Мирослав Живковић*, Машински факултет Крагујевац. Пројектом је обухваћена интеракција флуида са разводном плочом у зазору између плоче и цилиндарског блока. МКЕ је анализирано напонско стање разводне плоче у фази усисавања и потискивања [6].

Клипне аксијалне пумпе имају дугу историју развоја која сеже уназад више од једног века. Овај тип пумпе прошао је кроз бројне иновације и технолошке напретке како би постигао данашњи ниво степена корисности и перформанси [7-9]. У раним фазама развоја [10], клипне аксијалне пумпе користиле су се за различите намене, укључујући хидрауличке системе, наводњавање пољопривредних усева и покретање машина [11]. Једна од првих познатих примена клипних аксијалних пумпи била је у хидрауличким системима за покретање млинова и других индустријских машина у 19. веку [12-14].

Током 20. века, развој материјала и технологија производње омогућила је значајна побољшања у развоју клипно аксијалних пумпи [15]. Увођење модерних материјала попут висококвалитетних челика и легура алуминијума допринело је смањењу тежине и повећању трајности пумпи [16].

Напредне методе анализе струјања флуида [17-21] и нумеричке симулације [22-24] омогућиле су инжењерима да оптимизују геометрију и карактеристике пумпи, што је резултирало повећаном ефикасношћу и поузданошћу.

Данас, клипно аксијалне пумпе користе се у различитим индустријама, укључујући грађевинарство, рударство, аутомобилску индустрију, транспорт и енергетику [25, 26]. Њихова способност да генеришу висок притисак и висок проток чини их идеалним за разне захтевне примене, попут авијације где је од суштинског значаја ниво степена корисности и прецизности [27, 28].

Са појавом електронских контролних система [29], клипно аксијалне пумпе су постале софистициране. Интеграција са електронским контролама омогућава прецизно подешавање параметара пумпе, што доводи до већег степена корисности и свестраности хидрауличких система.

Последњих година, текући истраживачки и развојни мотиви били су фокусирани на даље побољшање перформанси, степена корисности и поузданости клипно аксијалних пумпи. Ово укључује иновације у областима као што су смањење буке [30-33], енергетска ефикасност [34].

Хидраулички системи водне хидраулике не угрожавају животну средину [35-40]. Због све већих захтева друштва за заштитом животне средине, одрживим развојем [41, 42] и безбедношћу производње, хидраулички пренос снаге водом као радним флуидом је скренуо пажњу као технологија коју је потребно обновити и модернизовати [43, 44].

Уљне хидрауличке клипно аксијалне пумпе су веома широко проучаване и број публикација је веома велики. Ови радови су изузетно важни за даље разумевање и проучавање клипно аксијалних пумпи водне хидраулике. Радови који се односе на пумпе уопште, на пример, управљање пумпама или нумеричке методе, могу се лако применити и у водној хидраулици.

Водна хидраулика је од стране аутора проучавана током последње деценије [45], анализиране су детаљно публикације и радови о водним хидрауличким аксијалним клипним пумпама. У наставку дисертације дат је преглед најзначајнијих публикација.

Истраживања су се фокусирали на неколико кључних аспеката укључујући оптимизацију пројектних решења, анализу карактеристика, побољшање степена корисности и избор материјала [46].

Воду карактеришу изузетно добра својства као хидраулички медијум, али технолошки изазови и даље постоје. Више о води као медијуму и водној хидраулици уопште може се наћи у референцама Trostmann [36], Backe [47] и Urata [48].

Koskinen и други [42] предлажу правце даљих истраживања у области развоја компоненти и система водне хидраулике [49]. Покривени су аспекти квалитета воде, технологија компоненти, аспекти контроле и примене. Такође су представљене неке

анализе о могућој улози водне хидраулике у процесу климатских промена и уштеди енергије.

У својим радовима Majdič [50-52] и Strmčnik [53] презентују прописе о заштити животне средине који су све строжи. Акценат стављају на коришћењу воде уместо хидрауличног минералног уља у хидрауличким системима за контролу снаге, чиме се може направити веома позитиван корак у поштовању ових прописа. У својим радовима представљају прелиминарне резултате хидрауличких експеримената двоструког типа, користећи једнаке компоненте хидрауличких система који као радни флуид користе воду и уље. Приказују поређење понашања између два слична хидрауличка испитна уређаја.

Rydberg [54, 55], Dong [56] и Takashima [57] промовишу технологије и принципе водне хидраулике у циљу повећања поузданост и заштите животне средине. Главни циљ је да се презентују нове идеје корисне за пројектовање водних хидрауличких система. У овим радовима посебно ће се размотрити утицаји материјала на пројектовање компоненти водне хидраулике.

Савремени развој поставља стандарде, како у погледу све строжијих режима рада, тако и њиховог квалитета и поузданости. Да би се постављени захтеви испунили пресудну улогу има одабир материјала, па с тим у вези истраживање материјала је важан део развоја ових компоненти. Материјали за парове трења су експериментално проучавани у референцама Brookes [58], Rokala [59] и Jiao [60]. Овим радовима такође је описана опрема за експериментално испитивање, услови испитивања и добијени резултати. Анализе и експериментална испитивања материјала су подстакнута механизмима хабања контактних површина пумпе у току рада које у својим радовима представљају Schuhler [61] и Jourani [62]. При испитивању различитих комбинација материјала на контактним површинама закључено је да су комбинације метал-полимер погодније да буду парови трења у водним хидрауличким клипним пумпама, али такође да и керамичко-керамичке комбинације имају потенцијал за даља истраживања. Yang [63], Songlin [64] и Qun [65] су проучавали материјале клипа и цилиндара у хидрауличким пумпама за воду. Закључили су да је прикладније користити нерђајући челик и инжењерску пластику него нерђајући челик и керамику.

Вода као медијум под притиском захтева да сви материјали буду некорозивни и да су сви зазори мањи него код уљних хидрауличких компоненти [66-69]. Клипни парови пумпи су обично направљени од нерђајућег челика и неке врсте ојачане индустријске пластике [70-72]. Полимерни материјал који је најперспективнији за даљи развој је РЕЕК (polyetheretherketone) [73-75]. Сви лежајеви су клипни јер адекватни куглични или ваљкасти лежајеви још нису доступни [76]. Због захтева специјалног конструктивног решења и материјала, хидрауличке компоненте за воду, укључујући и пумпе, генерално су скупље од уљних хидрауличких компоненти [77]. Трошкови су високи и зато што је количина производње прилично мала. Све у свему, производња компоненти водне хидраулике је веома захтевна, што делимично доприноси и малом броју произвођача водних хидрауличких компоненти.

Todić и други [78] су у раду извршили анализу оптерећења разводне плоче у интеракцији са радним флуидом и цилиндарским блоком, у фазама усисавања и потискивања. Модели су имплементирани у верзију рачунарског програма коначних елемената ПАК [79]. Дати су нумерички примери који илуструју извођење описаних поступака. Инжењерима и истраживачима је омогућено да боље разумеју понашање материјала и структуре у контактним ситуацијама те да развијају поуздане анализе и поступке пројектовања. Имплементација у програмском пакету ПАК омогућава практичну примену овог модела у инжењерским анализама конструкције, што

доприноси бољем разумевању и оптимизацији перформанси структуре које су подвргнуте контакту са другим телима. [80, 81].

У својим радовима Petrović [20, 22, 29] детаљно приказује развијени математички модел за прорачун високодинамичких хидрауличких процеса у цилиндру пумпе, потисном и уисном простору и потисном цевоводу у функцији угла погонског вратила, при стационарним и нестационарним режимима рада клипно аксијалне пумпе. Bergemann [82] у свом раду анализира ток и развој притиска у цилиндру пумпе уз примену сопственог математичког модела, пре свега, усмереног на систематско испитивање буке код клипних пумпи са непарним и парним бројем цилиндара.

У својој дисертацији Kumar [83] дефинише математички модел притиска и протока на излазу из клипно аксијалне пумпе. Циљ дисертације [83] је формирање математичког алата за оптимизацију дизајна различитих делова пумпе, чиме би се трајно ослободили зависности у пројектовању компоненти пумпе од искуства конструктора. Математички модел је формиран за четири најважније контактне клизне површине клипно аксијалне пумпе (клип - коса плоча, цилиндарски блок - разводна плоча, клип-цилиндарска комора, сферни лежај клипа), при чему се дефинишу с тиме у вези ограничења у дизајну и утицај пројектних параметара на понашање пумпе. Kumar и Bergada [84] у свом раду анализирају ефекат жлебова који су урезани дуж клипова, кроз проучавање ефекта броја жлебова и њихове локације на површини клипа. Сила клипа, обртни момент, цурење, области у којима се може појавити кавитација и стабилност клипа су у овом раду пажљиво анализирани.

Опште динамичке карактеристике пумпе у свом раду су објаснили Bergada и други [85]. Рад је фокусиран на разумевање губитака протока и резултирајуће динамике притиска у клипној пумпи. Расподелу притиска, цурење, силу и обртни момент између клипа и отвора у разводној плочи анализира Bergada у [86]. У овој студији је развијен детаљан сет једначина који узима у обзир важне параметре као што су нагиб, зазор и број обртаја погонског вратила пумпе.

Ivantysynov-a [87] у раду уводи нову методу за симулацију зазора аксијалних клипних машина, при чему је модел за пар клип-цилиндар проширен да би се размотрили хидродинамички ефекти. Симулациони модел је верификован уз помоћ мерења силе трења на склопу клип-цилиндар. Студије [88-90] приказују нове методе предвиђања понашања разводне плоче засноване на комплексном симулационом моделу.

Трибомеханички систем (ТМС) клип-цилиндар је један од најсложенијих триболошких парова аксијалних клипних машина. Pelosi [91] и остали аутори су развили потпуно спрегнути модел флуид-структура и термални симулациони модел да би размотрили све описане физичке појаве и истражили понашање подмазивања на поменутом трибомеханичком систему. Побољшања повезана са увођењем нове методе су представљена заједно са нумеричким резултатима.

Paszota [92] у свом раду приказује теоријске и математичке моделе механичких губитака у пумпи. Модели се могу користити у лабораторијским и симулационим истраживањима.

Методологију математичког моделирања развијену за брзу симулацију хидрауличког система багера приказују Casoli и други [93]. У раду се описује приступ моделирању који омогућава смањење времена развоја управљачког система и хидрауличких компоненти багера, уз обезбеђивање тачне динамике система. Хидраулички модел, састављен од модела сиве кутије пумпе и модела беле кутије блока вентила, је валидиран на основу скупа експерименталних података прикупљених на испитном столу. Резултати овог истраживања су представљени у раду [93].

Тачна процена густине флуида Zhou и остали [94] је од суштинског значаја за предвиђање рада хидрауличких система и компоненти.

Васса и остали [95] кроз свој рад илуструју нумеричку методологију за опис ефективног протока аксијалних клипних пумпи и мотора. Испитивања су обављена на клипно аксијалној пумпи типа са закретном плочом за апликације отвореног кола како би се проверили потенцијали развијеног нумеричког модела. Експерименти су спроведени ради тестирања пумпе у типичним условима рада као и у ситуацијама критичним са становишта кавитације.

Развијен је реални алгоритам за израду прототипа клипно аксијалне пумпе водне хидраулике са посебним акцентом на подсклоп клипа и разводне плоче. Ernst и остали у свом раду [96] приказују структуру предложеног алгоритма, затим су представили студију случаја која се користи за пројектовање прототипа.

Многи теоријски модели и нумеричке симулације су креиране да би се предвидело понашање клипно аксијалних пумпи, међутим, експериментална истраживања, која у својим радовима презентују Savić [97] и Todić [45, 98, 100] су неопходна за валидацију ових модела и симулација. Такође, они нуде јединствену прилику која даје анализу радних карактеристика пумпе водне хидраулике и њених компоненти у току рада на реалним моделима. Chao [101] и Zhang [102] у својим радовима имају за циљ да прикажу систематски преглед уређаја за испитивање компоненти који се користе за експериментална мерења. Ови уређаји за испитивање су представљени у оквиру основних принципа, предности и недостатака, измерених параметара и повезаних експерименталних резултата. Развој опреме за експериментална истраживања, изазови и будући трендови су приказани у радовима Yin [103], Long [104], Zhou [105]. Spencer [106] у својој дисертацији представља методе тестирања и упоредне анализе резултата са математичким моделом.

У свом раду Liu и сарадници [107] експериментално упоређују карактеристике протока и притиска за различите врсте вентила. На основу ових истраживања, предложени су принципи којих се треба придржавати при пројектовању компоненти водне хидраулике. Nam [108] у свом раду представља експериментални уређај за процену трења и цурења клипова. Тестирања су извршена са различитим материјалима међу којима је највише пажње посвећено клипу изведеном од РЕЕК-а као алтернативном клипу водне хидрауличке пумпе.

Сврха рада који су представили Canbulut и остали [109] је да се експериментално испитају „папуче“ клипа које имају важну улогу у дисипацији снаге у аксијалним клипним пумпама са нагибном плочом. Пошто „папуче“ значајно утичу на перформансе система, проучавани су утицаји храпавости површине на подмазивање код „папуча“ са различитим хидростатичким лежиштима и храпавости површине.

Zaluski [110] у раду је описао утицај померања осе ротације попречне плоче на степен корисности аксијалних клипних пумпи. У чланку је приказана и ауторска конструкција аксијалне клипне пумпе са помереном осом ротације попречне плоче са пратећим механизмом промене капацитета контролисаног корачним мотором. Manring [111] представља основне циљеве свог истраживања који су усмерени на експериментално испитивање карактеристика и перформанси клизних лежајева користећи различите материјале и геометрије.

Све до сада наведено указује да истраживања и развој клипно аксијалних пумпи водне хидраулике представљају изузетно подстицајан и перспективан научно истраживачки задатак. Уочено је да се већина постојећих студија фокусира на статичке анализе, што не узима у обзир сложене интеракције између радног флуида и механичких делова, посебно када су у питању променљива оптерећења. Представљено је истраживање које има за циљ да превазиђе те недостатке кроз примену напредних динамичких симулација, експерименталних испитивања и интеграцију савремених материјала у изради кључних компоненти пумпе.

2 МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ РАДНИХ ПРОЦЕСА У КЛИПНО АКСИЈАЛНОЈ ПУМПИ

Математички модел обухвата примену механике флуида и термодинамике у свим фазама рада пумпе.

За одабрану клипно аксијалну пумпу изведен је математички модел уз следеће претпоставке:

- промене у односу на време су занемарљиве,
- радни флуид (вода) је нестишљив,
- занемарљиви су губици трења у усисној комори,
- идеално понашање воде (без кавитације или промене фазе).

2.1 Усисна фаза

а. Бернулијева једначина

У овој фази рада пад притиска је [45]:

$$\Delta p = \rho g \Delta h + 0.5 \rho (v_u^2 - v_p^2) \quad (1)$$

где су:

ρ - густина радног флуида,

g - убрзање земљине теже,

Δh - висинска разлика између улаза и излаза,

v_u - брзина радног флуида на улазу у усисну комору,

v_p - брзина радног флуида на излазу из усисне коморе.

б. Једначина континуитета:

Једначина континуитета захтева да масени проток $\dot{m}$ у пумпи мора бити једнак масеном протоку из усисног улаза [45]:

$$\dot{m} = \dot{m}_u \quad (2)$$

где су:

$$\dot{m}_u = A_u v_u$$

$\dot{m}_u$ - масени проток у усисној комори пумпе

A_u - површина попречног пресека усисног отвора.

v_u - брзина радног флуида на улазу у усисну комору.

На основу једначине (1) и (2) за усисну фазу важи [45]:

$$p_u + \frac{1}{2} \rho v_u^2 = p_p + \frac{1}{2} \rho v_p^2 \quad (3)$$

где су:

p_u - притисак на улазу у усисну комору пумпе,

p_p - притисак на излазу усисне коморе пумпе,

ρ - густина радног флуида,

v_p - брзина радног флуида на излазу усисне коморе пумпе

2.2 Фаза компресије

Током фазе компресије, клип почиње да се креће према уписном отвору, сабијајући радни флуид (воду).

Ова фаза се може моделирати коришћењем закона идеалног гаса за нестишљиве флуиде [22, 45]:

$$p_c V_c = p_i V_i \quad (4)$$

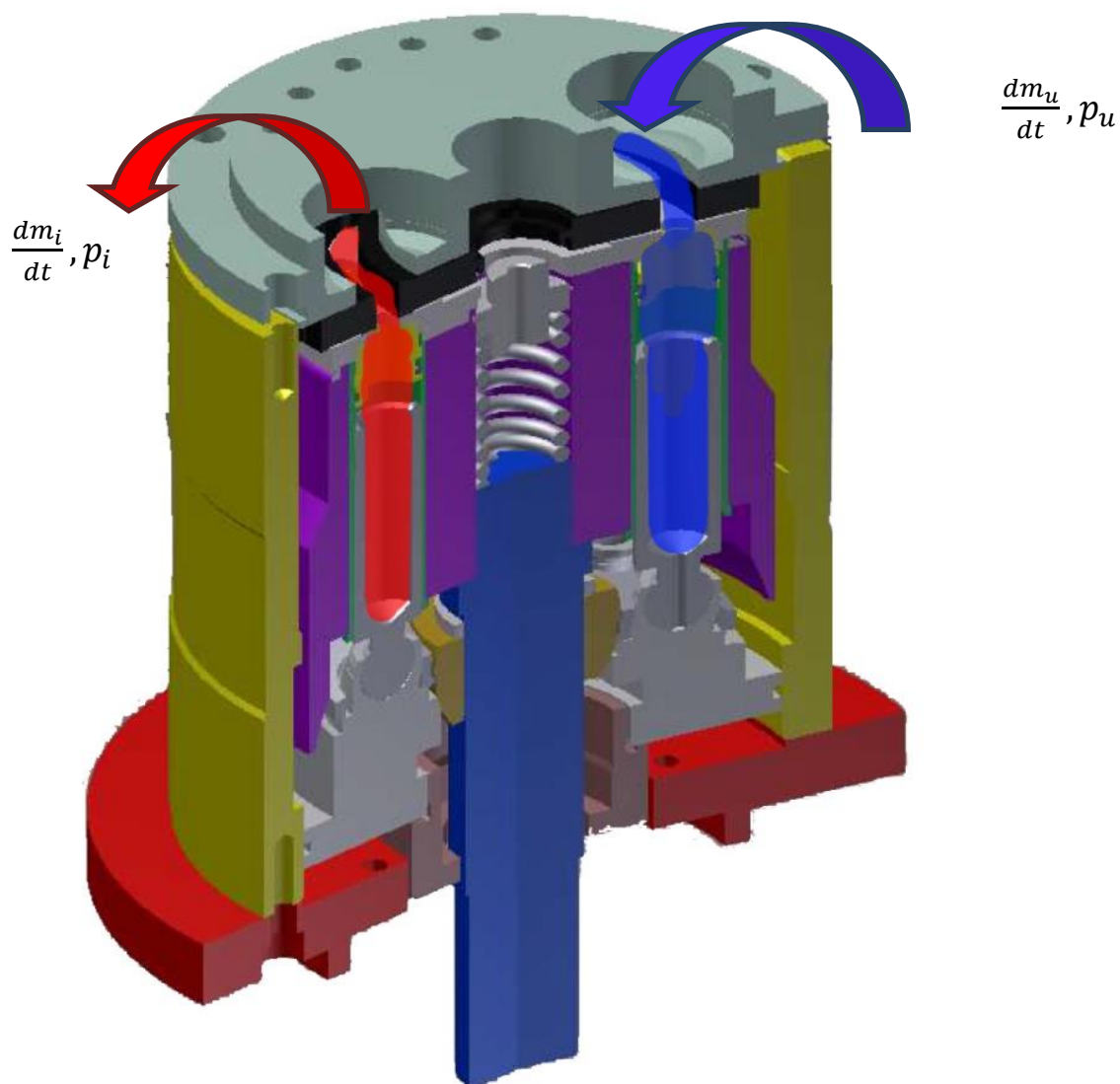
где су:

p_c - притисак на излазу из цилиндра пумпе,

V_c - запремина радног флуида коју истисне клип из цилиндра,

p_i - притисак на излазу из потисне коморе пумпе,

V_i - запремина радног флуида из потисне коморе.



Слика 1. Контролни простори клипно аксијалне пумпе PPT VH10

У конкретном хидрауличком систему фазе усисавања и компресије могу бити сложеније због фактора као што су динамика вентила, вискозност течности и губици.

На основу једначине континуитета [20, 29, 45]:

$$\dot{m}_u = \dot{m}_i \quad (5)$$

где су:

$$\dot{m}_i = A_i v_i$$

$\dot{m}_u$ - масени проток у усисној комори пумпе

$\dot{m}_i$ - масени проток у потисној комори пумпе

A_i - површина попречног пресека потисног отвора.

v_i - брзина радног флуида на излазу из потисне коморе.

2.3 Математичким модел радног циклуса пумпе

Клипно аксијалне пумпе водне хидраулике карактеришу изузетно сложени динамички и хидродинамички процеси који се одвијају у радној зони пумпе. Анализа ових процеса захтева познавање и коришћење закона механике, механике флуида и математике. До сада фундаментална истраживања нису објаснила механизме у вези са овим процесима, посебно у нестационарним условима. Из ових разлога, математички модели нису чисто аналитички, већ се у извесној мери ослањају на емпиријске корелације и апроксимације.

Након што је математички модел формулисан, потребно је извршити математичку интерпретацију свега што се дешава у целом физичком систему, односно потребно је симулирати физички систем. Приликом анализе физичког система потребно је такође прецизно дефинисати граничне услове система, подсистеме који га чине и њихове међусобне односе, као и процесе који се у њему одвијају. Затим се морају дефинисати претпоставке и математички модели свих претходно дефинисаних процеса. Добијени систем једначина и њихових међусобних односа је симулација тог физичког модела [45].

Применом закона одржања масе на цилиндар пумпе следи да је промена масе флуида у цилиндру (m_c) изазвана усисавањем течности у цилиндар током фазе усисавања (m_u) и истискивањем из цилиндра у фази компресије (m_i) (2), (5) [45].

$$\frac{dm_c}{dt} = \frac{dm_u}{dt} - \frac{dm_i}{dt} \quad (6)$$

Масени проток радног флуида дефинисан је једначинама који испуњава цилиндри у фази усисавања Бернулијевом једначином [45]:

$$\frac{dm_u}{dt} = k_1 \mu_1 A_1 \sqrt{2\rho_p |p_u - p_p|} \quad (7)$$

Вредности константи су [29,45]:

$$k_1 = 1 \text{ за } p_u \geq p_p,$$

$$k_1 = -1 \text{ за } p_u \leq p_p,$$

Масени проток флуида у фази компресије дефинише се једначином [45]:

$$\frac{dm_i}{dt} = k_o \mu_o A_o \sqrt{2\rho_o |p_c - p_i|} \quad (8)$$

При чему су вредности константи [29,45]:

$$\begin{aligned} k_o &= 1 \text{ за } p_c \geq p_i, \\ k_o &= -1 \text{ за } p_c \leq p_i, \end{aligned}$$

Диференцијална једначина притиска у цилиндру дата је једначином [45]:

$$\frac{dp_c}{dt} = \frac{1}{\varepsilon V_c} \left[\frac{1}{\rho_c} \left(\frac{dm_u}{dt} - \frac{dm_i}{dt} \right) - \frac{dV_c}{dt} \right] \quad (9)$$

Тренутна запремина цилиндра је [20, 45]:

$$V_c = V_{cmin} + V_{cx} \quad (10)$$

Ход клипа је дефинисан изразом [29]:

$$x_k = R \tan \beta (1 - \cos \varphi) \quad (11)$$

$$V_{cx} = A_c x_k \quad (12)$$

Промена запремине цилиндра узрокована кретањем клипа дата је једначином (13):

$$\frac{dV_c}{dt} = -A_c v_k \quad (13)$$

Ако у једначину (9) уведемо промену (12), као и релацију $d\varphi = \omega dt$ и модул еластичности E добијамо једначину [45]:

$$\frac{dp_c}{d\varphi} = \frac{E}{V_c} \left[\frac{A_c v_k}{\omega} + \frac{1}{\rho_c} \left(\frac{dm_u}{d\varphi} - \frac{dm_i}{d\varphi} \right) \right] \quad (14)$$

Блок цилиндра заједно са осовином врши ротационо кретање, док се клип креће праволинијски унутар блока цилиндра. Коса плоча је причвршћена за кућиште пумпе, док клип преко папуче клизи по њој током рада пумпе.

Промена притиска

Промена притиска унутар пумпе током фазе компресије може се повезати са променом запремине користећи закон идеалног гаса [45]:

$$p_o V_o = p_f (V_o + dV) \quad (15)$$

где су:

p_o - почетни притисак на почетку фазе компресије.

p_f - притисак на крају фазе компресије.

V_o - почетна запремина воде унутар пумпе.

Интеграцијом ове једначине кроз целу фазу компресије, може се одредити ток притиска унутар пумпе у функцији времена, брзине клипа и померања клипа.

Овај модел даје поједностављен приказ фазе компресије клипно-аксијалне пумпе у водној хидраулици. У конкретном хидрауличком систему за прецизнији модел треба узети у обзир, додатне факторе као што су динамика вентила, вискозност течности и губици.

Проток

Протока пумпе се апроксимира следећом једначином [7]:

$$Q = \frac{n\pi D^2 L}{4} \quad (16)$$

Ова једначина представља рад пумпе у идеалним условима.

Притисак:

Притисак који ствара пумпа се апроксимира једначином [7, 15]:

$$p = \eta \frac{F}{A} \quad (17)$$

где су:

F - сила коју ствара један клип ($F = p_{max} \cdot A_c$)

p_{max} - максимални називни притисак пумпе и

A_c - површина попречног пресека чела клипа.

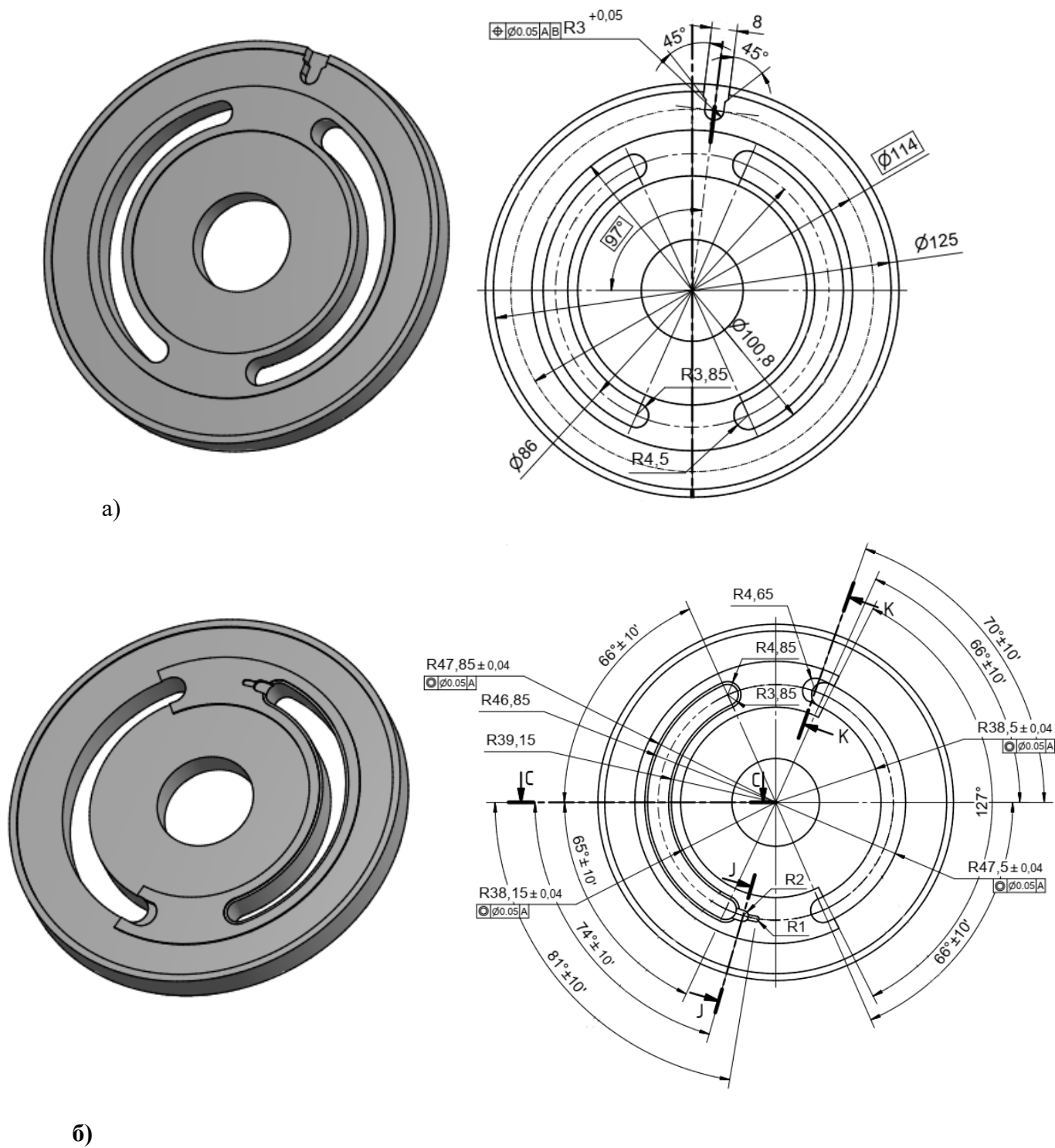
A - укупна површина свих клипова ($A = n \cdot A_c$)

n - број клипова пумпе

η - укупни степен искоришћења пумпе

2.4 Анализа напона разводне плоче

Анализа напона на разводној плочи (слика 2.) клипно аксијалне пумпе укључује процену структурног интегритета и перформансе плоче у условима рада [78]. Разводна плоча је кључна компонента радног процеса пумпе, која контролише проток течности и изложена је значајним оптерећењима, како механичким тако и оптерећењима услед притиска флуида у свим фазама радног циклуса [79].



Слика 2. Разводна плоча клипно аксијалне пумпе PPT VH10
 а) Страна плоче до поклопца кућишта; б) страна плоче према клиповима

2.4.1 Врсте материјала

Приликом пројектовања разводне плоче, цилиндра и клипова ксијално клипне пумпе водне хидраулике, неопходан је одабир правих материјала за обезбеђење радних параметара, издржљивости и отпорности на хабање, корозију и замор [81].

У цилиндарском блоку се налазе клипови који морају бити отпорни на хабање, корозију и ефекте хидрауличног притиска.

Материјал треба да одржи структурни интегритет под високим притиском и условима температуре.

Легирани челици нуде већу чврстоћу и отпорност на замор од ливеног гвожђа. Ови материјали се користе када пумпа треба да издржи веће притиске или постоје специфични захтеви за високим односом чврстоће и тежине [78].

Легура ливеног гвожђа са високим садржајем никла нуди одличну отпорност на корозију и хабање. Често се користи у захтевнијим апликацијама где је вода радна течност, а корозија изражена.

Нерђајући челик је идеалан за апликације које захтевају одлучну отпорност на корозију посебно у окружењима са агресивном или сланом водом. Скупљи је од ливеног гвожђа, али пружа бољу заштиту од корозије и деградације.

Алуминијум је лакши од челика и помаже у смањењу укупне тежине пумпе. Погодан је за примену са нижим притисцима или тамо где је смањење тежине приоритет. Алуминијумски клипови често имају премаз за побољшање отпорности на хабање, као што је анодизација.

Бронза је позната по својој доброј отпорности на хабање и својствима самоподмазивања. Ова карактеристик је чини одличним избором за израду клипова у одређеним применама пумпи водне хидраулике, посебно где је потребна висока отпорност на корозију.

Композитни материјали (нпр. пластика ојачана карбонским влакнима, РЕЕК) се могу користити у применама ниског притиска или применама где су тежина и издржљивост критичнији [73].

РЕЕК (polietilenketon) је термопласт високих перформанси који се користи у неким специјализованим пројектима пумпи због својих одличних механичких својстава и отпорности на хабање.

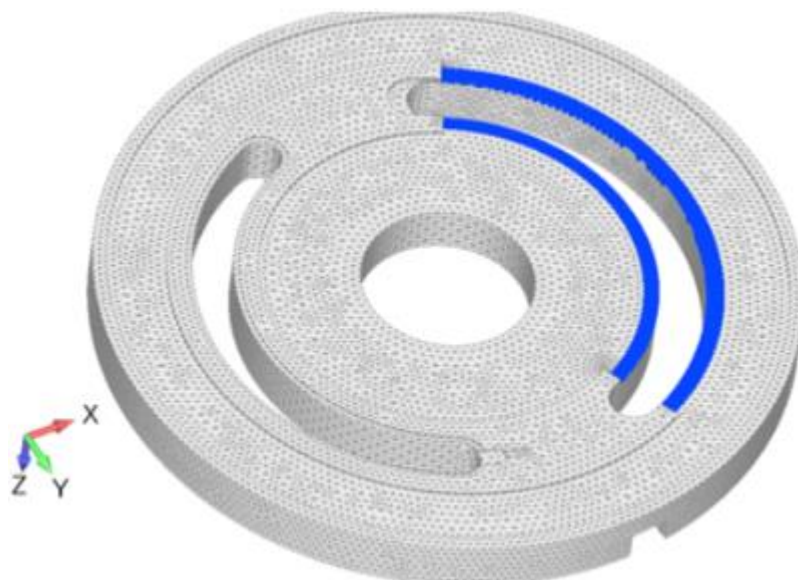
Керамичким или карбидним премазима клипови се могу третирати површински, као што су премази керамичких или волфрамових да би се значајно повећала отпорност на хабање и продужио век пумпе. Ови премази помажу у применама са високим хабањем где течност може садржати абразивне честице на споју цилиндарског блока и разводне плоче.

Избор материјала за цилиндри, клипове и разводну плочу зависи од захтева примене укључујући притисак, температуру, услове хабања и факторе околине (корозија).

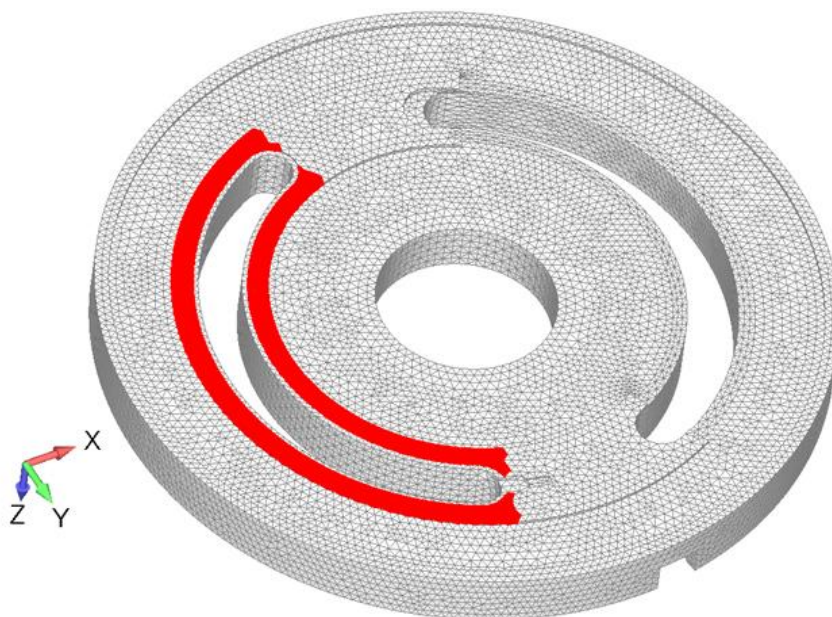
2.4.2 Анализа напона при интеракцији радни флуид – разводна плоча

На основу техничке документације урађен је CAD модел разводне плоче аксијалне пумпе. У програму FEMAP креиран је модел коначних елемената. Разводна плоча је моделирана 3D тетра елементима са међучворовима [78]. Модел се састоји од 307644 чворова и 205323 елемената [80]. Анализа обухвата оптерећења са две различите стране и са различитим радним притисцима. Са стране која се налази на уписном делу

радног флуида плоча је оптерећена са притиском од 1,2 бара (слика 3.). У фази потискивања течности претпостављено је да оптерећење које се преноси на плочу са унутрашње стране пумпе износи 80 бара (слика 4.).



Слика 3. Оптерећење разводне плоче у фази усисавања



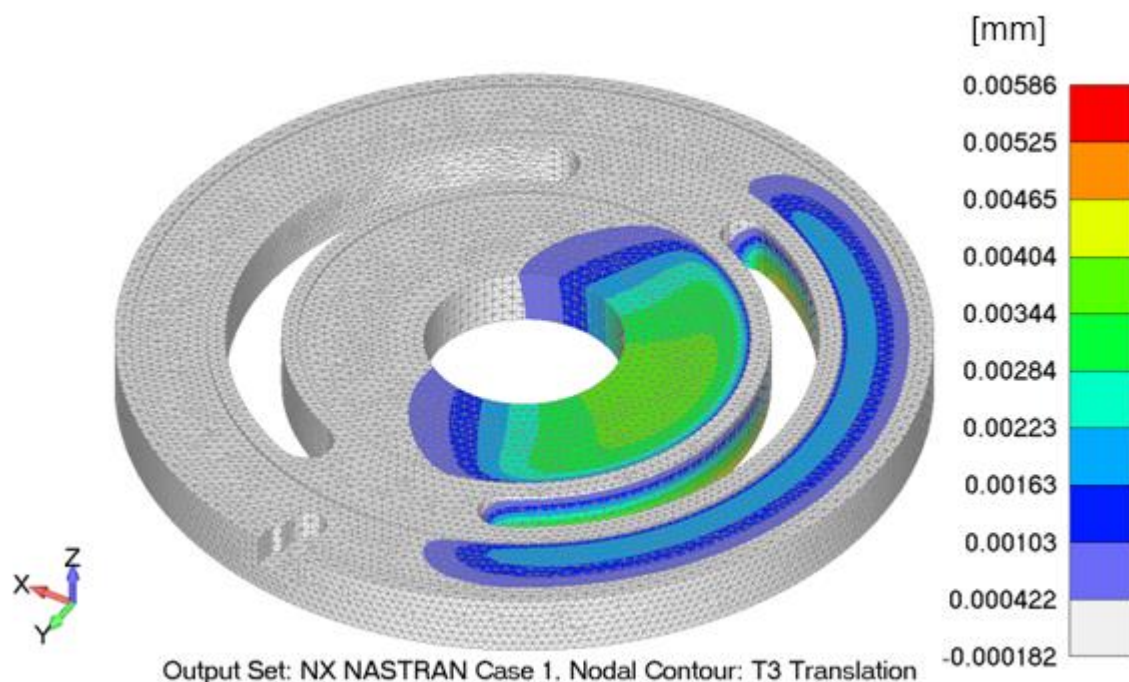
Слика 4. Оптерећење разводне плоче у фази потискивања

У даљем раду је приказана МКЕ анализа разводне плоче аксијалне пумпе. Анализирна је плоча за два различита материјала РЕЕК 1 и РЕЕК 2 [59]. Карактеристике материјала су дате у Табели 3 [58].

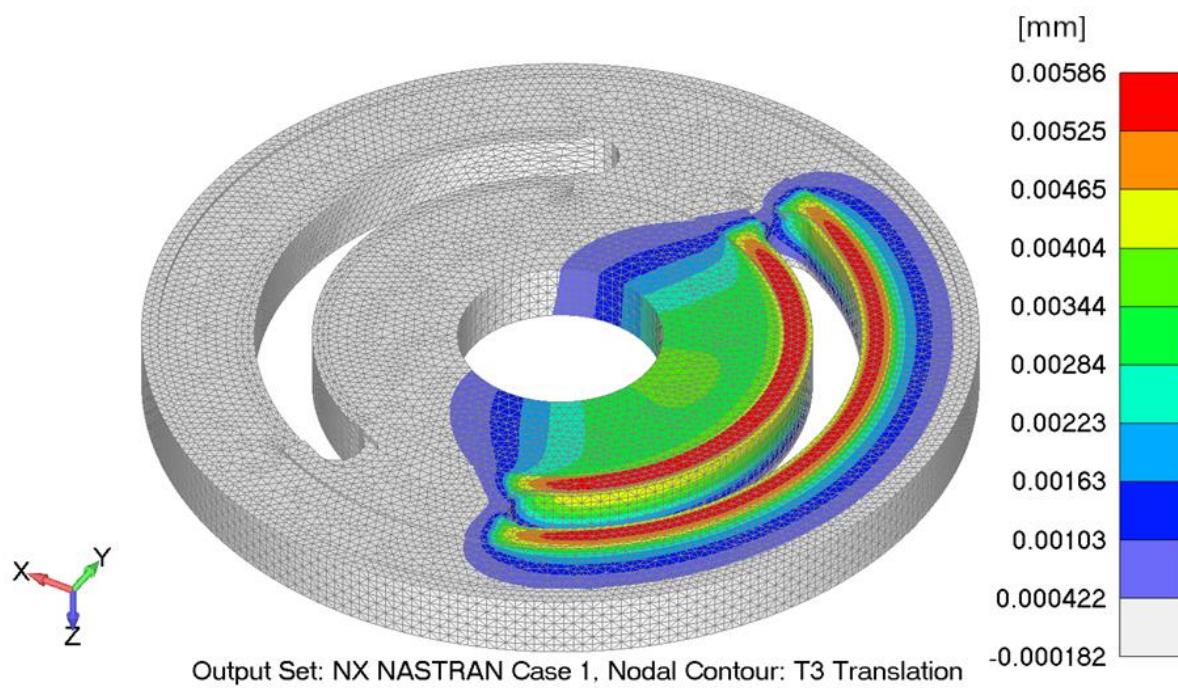
Табела 3. Карактеристике материјала PEEK 1 и PEEK 2

Материјал	PEEK 1	PEEK 2
Додатак	10% угљеник, 10% графит, 10% PTFE	
Јангов модул [МПа]	9500	3500
Поасонов коефицијент [-]	0.394	0.400
Густина материјала [kg/m^3]	1480	1300
Затезна чврстоћа [МПа]	119	97
Граница течења [МПа]	152	118
Коефицијент трења [-]	0.19	0.334

На сликама 5. и 6. приказано је поље вертикалних померања разводне плоче израђене од материјала PEEK 1 односно PEEK 2, респективно. Максимално померање за разводну плочу направљену од материјала PEEK 1 је $5,86 \mu\text{m}$, за материјал PEEK 2 је $15,8 \mu\text{m}$ [80].



Слика 5. Поље вертикалног померања материјала PEEK 1



Слика 6. Поље вертикалног померања материјала PEEK 2

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА У КЛИПНО АКСИЈАЛНОЈ ПУМПИ

Испитивање радних параметара клипне аксијалне пумпе у водном хидрауличком систему је од суштинског значаја да би се повећао степен корисности.

Систематским тестирањем и праћењем ових параметара, могу се проценити перформансе и поузданост клипне аксијалне пумпе у хидрауличком систему за воду и извршити сва потребна подешавања или побољшања. Редовно одржавање и тестирање су од суштинског значаја како би се дугорочно осигурао висок степен корисности и сигурност система [39].

3.1 Протокол експерименталног испитивања

Протоколом се дефинишу поступци и активности експерименталног испитивања као што су:

- Подешавање и безбедносне мере предострожности:
 - Потребно је да окружење за тестирање буде безбедно и да испуњава све безбедносне прописе.
 - Неопходно је правилно поставити хидраулички систем, укључујући аксијалну клипну пумпу, црева, резервоар и контролне вентиле.
- Мерење протока:
 - Измерити проток воде коју испоручује пумпа.
 - Мењати проток да би тестирали перформансе пумпе на различитим радним тачкама.
- Мерење притиска:
 - Измерити притисак који ствара пумпа. Инсталирати сензоре притиска на улазу и излазу пумпе.
 - Мењањем системског притиска процењује се реакција пумпе и њена способност да одржи притисак.
- Тестирање степена корисности:
 - Степен корисности пумпе добија се упоређивањем улазне снаге (снага мотора) са излазном снагом (проток воде и притисак).
- Анализа кавитације:
 - Кавитација временом може оштетити пумпу. Узроци могу бити бука, вибрације и несталне флукуације притиска.
 - Условe рада пумпе треба подесити да би минимизирали кавитацију.
- Мерење температуре:
 - Измерити температуру хидрауличког флуида како би иста остала у прихватљивим границама.
 - Високе температуре могу деградирати течност и смањити степен корисности пумпе.

- Испитивање оптерећења и издржљивости:
 - Примењују се различита оптерећења на хидраулички систем како би симулирали услове у реалној примени.
 - Потребно је извршити тестове издржљивости да би проценили дугорочну поузданост пумпе.
- Анализа буке и вибрација:
 - Неопходно је пратити нивое буке и вибрације током рада. Прекомерна бука или вибрације могу указивати на проблеме са пумпом.
- Детекција цурења:
 - Проверити да ли у хидрауличком систему има цурења, укључујући црева, фитинге и заптивке.
 - Елиминисати сва цурења да би одржали интегритет система.
- Снимање и анализа података:
 - Потребно је забележити све релевантне податке током тестирања, укључујући брзине протока, притиске, температуре и потрошњу енергије.
 - Анализирати податке како би се идентификовали трендови, аномалије или проблеми са перформансама.
- Одржавање и подмазивање:
 - Потребно је редовно проверавати и одржавати пумпу, укључујући подмазивање покретних делова, како би осигурали оптималне перформансе.
- Документација:
 - Потребно је водити детаљну евиденцију о процедурама експерименталног тестирања, резултатима и свим модификацијама направљеним на пумпи или систему.
- Процедуре сигурносног искључивања:
 - Неопходно је спровести процедуре сигурносног искључивања у случају било каквих неочекиваних проблема, као што су надпритисак или превисока температура.
- Калибрација:
 - Потребно је да су сви мерни инструменти и сензори правилно калибрисани како би се обезбедило тачно прикупљање података.
- Усклађеност са стандардима:
 - Неопходне су провере, да ли су пумпа и хидраулички систем у складу са релевантним индустријским стандардима.
 - SRPS EN ISO 4413:2011 - Хидраулички системи за пренос снаге-Општа правила и захтеви за безбедност система и њихових компоненти.
 - SRPS EN ISO 9906:20113 – Ротодинамичке пумпе - Испитивање прихватљивости хидрауличких карактеристика (степен 1, 2 и 3).
 - ISO 17757: Хидраулична флуидна снага — Пумпе — Одређивање буке.

3.2 Испитни сто за експериментално испитивање

Приликом пројектовања испитног стола, битно је узети у обзир специфичне захтеве клипне аксијалне пумпе и параметре које треба тестирати. Циљ је да се створи контролисано и поновљиво окружење за тестирање које ће омогућити прикупљање тачних података о перформансама пумпе у различитим условима.

Израда стола за експериментално испитивање радних параметара клипне аксијалне пумпе у водном хидрауличком систему подразумева пажљиво планирање и пројектовање.

У наредном делу дат је преглед компоненти и разматране су основне поставке за израду испитног стола:

- Монтажа и опрема за пумпу
 - Потребно је дизајнирање сигурног и подесивог носача за клипну аксијалну пумпу како би осигурали стабилност током тестирања.
 - Неопходно је коришћење материјала за пригушивање вибрација како би минимизирали вибрације које би могле утицати на резултате испитивања.
- Хидраулички резервоар
 - Потребно је инсталирати хидраулички резервоар за складиштење воде која се користи у систему.
 - Резервоар мора имати одговарајући капацитет и да је опремљен системом за филтрирање за одржавање чисте течности.
- Улазни и излазни колектори:
 - Обезбедити улазне и излазне колекторе са одговарајућим фитинзима, вентилима и манометрима.
 - Ови колектори омогућавају контролу брзине протока и притиска, који улази и излази из пумпе.
- Контрола и мерење протока:
 - Потребно је инсталирати вентиле за контролу протока како би регулисали проток кроз пумпу.
 - Користити мераче протока за прецизно мерење и контролу протока воде.
- Контрола и мерење притиска:
 - Уградити вентиле за контролу притиска и вентиле за смањење притиска да би одржали жељене нивое притиска у систему
 - Укључити сензоре притиска или манометре на критичним тачкама у систему за мерење притиска.
- Контролни систем:
 - Имплементирати контролни систем који омогућава да се прилагоде брзине протока, притисци и други параметри.
 - Предвидети коришћење програмабилног логичког контролера (PLC) или компјутерске контроле за прецизно и аутоматизовано тестирање.

- Систем за прикупљање података:
 - Поставити систем за прикупљање и снимање података током тестирања.
 - Потребно је повезати сензоре (проток, притисак, температура) на систем за прикупљање података да би надгледали и евидентирали податке у реалном времену.
- Сигурносне функције:
 - Укључити безбедносне функције као што су тастери за хитно заустављање, системи за смањење притиска и аларми за превисоку температуру радног флуида.
 - Проверити да ли се поштују сви безбедносни протоколи током тестирања.
- Инструментација и надзор:
 - Опремити испитно постоље инструментима за мерење температуре, нивоа буке и вибрација.
 - Инсталирати камере или сензоре за праћење физичког стања пумпе током тестирања.
- Аутоматизација процедуре тестирања:
 - Развити аутоматизоване процедуре тестирања које се могу лако контролисати и модификовати за обављање различитих тестова и систематско прикупљање података.
- Заштита животне средине:
 - Узети у обзир услове околине у којима ће пумпа радити, као што су температура и влажност.
 - Проверити да ли је испитни сто за тестирање лоциран у контролисаном окружењу.
- Документација и извештавање:
 - Имплементирати систем за документовање параметара теста, резултата и свих аномалија.
 - Генерисати свеобухватне извештаје о испитивању за анализу и будућа испитивања
- План одржавања:
 - Успоставити распоред одржавања за испитни сто, укључујући редовну калибрацију инструмената и компоненти.
- Обука о безбедности:
 - Проверити да ли су оператери обучени за безбедно коришћење испитног стола и да разумеју процедуре за хитне случајеве.

3.3 Мерење протока

Мерење протока клипно-аксијалне пумпе у водном хидрауличком систему је од суштинског значаја за праћење и контролу перформанси система.

Мерење протока се врши коришћењем различитих метода и опреме. Избор методе зависи од фактора као што су: захтевана тачност, опсег протока, природа течности (вода у овом случају) и специфични захтеви хидрауличког система за воду. Обавезно треба

узети у обзир услове и захтеве хидрауличног система када се бира метода мерења протока и опрема. Поред тога, редовна калибрација и одржавање опреме за мерење протока су од кључне важности за обезбеђивање тачних и поузданих мерења.

Уобичајене технике мерења протока су:

Протокометри:

- Ротаметри су једноставни уређаји који се састоје од конусне цеви са пловком. Положај пловка унутар цеви одговара брзини протока. Како вода тече кроз цев, пловак се подиже или спушта, што показује брзину протока.
- Турбински мерачи протока имају ротор са лопатицама које се okreћу док вода протиче кроз њих. Брзина ротације је пропорционална протоку, а то се мери електронски.
- Електромагнетни протокометри су мерачи који користе Фарадејев закон електромагнетне индукције за мерење протока. Када вода протиче кроз магнетно поље које ствара мерач, индукује се напон, који је директно пропорционалан брзини протока.
- Ултразвучни мерачи протока користе звучне таласе за мерење протока. Могу се причврстити на спољну страну цеви, а време потребно да ултразвучни импулси путују са и против протока користи се за израчунавање брзине протока.

Методe диференцијалних притисака:

- Постављањем плоче са отвором са познатим пречником у цевовод, пад притиска преко плоче користити се за израчунавање брзине протока користећи Бернулијеву једначину или калибрационе графиконе.
- Слично плочици са отвором, вентури метар користи сужени део у цеви за мерење пада притиска и израчунавање брзине протока.

Мерачи протока са позитивним померајем флуида:

- Ови мерачи мере проток тако што броје дискретне количине воде истиснуте ротирајућим зупчаницима или клиповима.

Сензори протока:

- Сензори протока, попут термалних или Кориолисових сензора, могу се користити за мерење протока индиректно откривањем промена температуре или Кориолисовог ефекта изазваног протоком воде.

Волуметријске методе:

- Једноставна метода укључује сакупљање воде у контејнеру познате запремине и одређивање времена колико је потребно времена да се напуни.

Дигитални контролери:

- У савременим системима, дигитални контролери протока и сензори могу да обезбеде податке у реалном времену о брзинама протока и могу се интегрисати у контролне системе за аутоматизовану регулацију.

3.3.1 Мерење протока у функцији угаоне брзине погонског вратила и притиска

Мерење протока клипне аксијалне пумпе у функцији угаоне брзине погонског вратила и притиска, подразумева спровођење експеримената и прикупљање података.

Подаци се користе за креирање криве брзине протока у односу на угаону брзину погонског вратила и криве протока у односу на притисак.

Мерење је могуће уз претходни одабир:

– Материјала и опреме:

- a) Клипна аксијална пумпа
- b) Манометар
- c) Тахометар или сензор броја обртаја
- d) Мерач протока
- e) Вентили и фитинзи
- f) Опрема за снимање података (нпр. рачунар са софтвером за прикупљање података)

Процедура мерења протока се врши у неколико корака.

a) Подесити:

- Монтирати клипну аксијалну пумпу на испитни сто.
- Повезати манометар на излаз пумпе, да би измерили притисак.
- Инсталирати мерач протока у хидрауличко коло за мерење протока. Обезбедити атестирану калибрацију мерача протока.
- Користити одговарајуће вентиле и фитинге за контролу и регулацију протока воде кроз систем.

b) Калибрација:

- Калибрирати манометар да би обезбедили тачна мерења притиска.
- Ако мерач протока захтева калибрацију, извршити и овај корак.

c) Основни подаци:

- Пре почетка експеримената, треба забележити основне вредности за притисак, проток и број обртаја погонског вратила у минути (o/min).
- Проверити да ли је пумпа у стабилном радном стању.

d) Експериментални поступак:

- Почети рад пумпе са одређеним бројем обртаја (нпр. 1000 o/min)
- Постепено повећавати притисак у систему уз праћење протока.
- Поновити овај процес за различита подешавања броја обртаја, покривајући опсег брзина које су релевантне за конкретну апликацију.

e) Прикупљање података :

- Потребно је забележити податке за проток и притисак, при свакој поставци броја обртаја o/min.

f) Анализа података :

- На основу прикупљених података могуће је креирати две одвојене криве: једну за проток у односу на o/min и другу за притисак.

- Могу се користити софтверски алати као што је Excel или специјализовани софтвер за анализу података да би креирали ове графиконе.
- Анализирати криве да би закључили како проток варира са променама броја обртаја и притиска.

g) Фитовање кривих (опционо):

- Може се извршити прилагођавање криве како би пронашли математичке односе између протока, обртаја у минути и притиска. Ово може помоћи у креирању напредних модела за понашање конкретног хидрауличног система.

h) Поновити и потврдити:

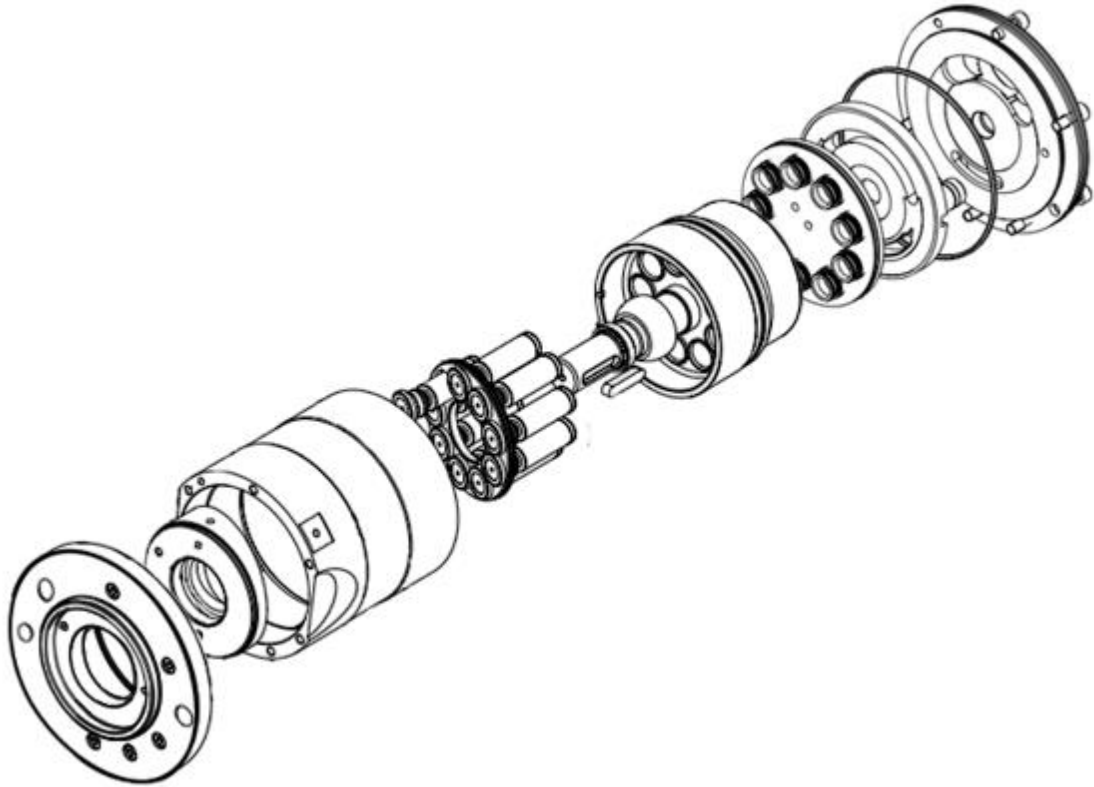
- Добра је пракса да се понови експеримент да би потврдили податке и резултате.

3.4 Технички подаци испитиване клипно аксијалне пумпе

У табели 4. дате су радне и конструктивне карактеристике клипно аксијалне пумпе PPT VH10, док су на слици 7. приказане основне компоненте испитиване пумпе [45].

Табела 4. Радне и конструктивне карактеристике пумпе PPT VH10

Радна запремина пумпе	100,5 cm ³ /obrt
Притисак	
Максимални излазни	83 bar
Минимални излазни	20 bar
Максимални улазни	5 bar
Број обртаја	
Максимални	1800 o/min
Минимални	700 o/min
Проток	
При 1500 o/min и максималном притиску	8,75 m ³ /h
При 1000 o/min и максималном притиску	5,83 m ³ /h
Радна температура флуида	2-50°C
Температура амбијента	0-50°C
Тежина	30 kg
Ниво максималне буке	78 dB
Обртни момент вратила при максималном притиску	141 Nm



Слика 7. Клипно аксијална пумпа PPT VH10

1-Прирубница; 2-Коса плоча; 3-Кућиште пумпе; 4-Плоча клипова; 5-Клип; 6-клин;
7-Цилиндарски блок; 8-Међуплоча; 9-Разводна плоча; 10-Дихтунг; 11-Поклопац
кућишта пумпе



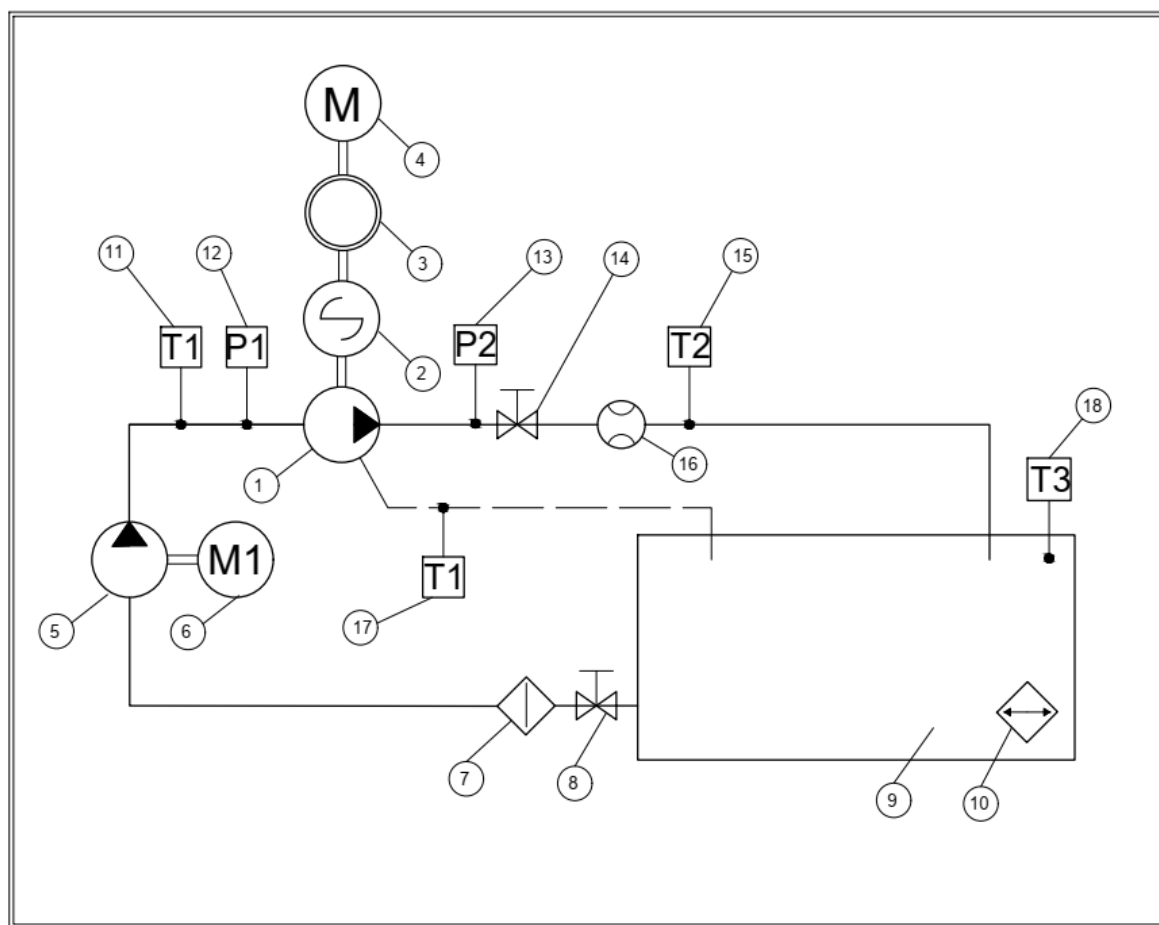
Слика 8. Основне компоненте испитиване клипно аксијалне пумпе PPT VH10
 1-Цилиндарски блок; 2-Кућиште; 3-Клипови; 4-Плоча вентила; 5-Коса плоча;
 6-Поклопац кућишта; 7-Разводна плоча; 8- Међуплоча; 9-Прирубница.

3.5 Инсталација за експериментално испитивање

Испитивање клипно-аксијалне пумпе водне хидраулике изведено је уз коришћење инсталације која је наменски уређена за потребе овог експеримента на постојећем пробном столу ВАС 2063 произвођача AMS Француска у Развојно-истраживачкој лабораторији "ППТ - Наменска" у Трстенику [45].

Основна компонента пробног стола је погонски електромотор снаге 37 kW са регулисаним електромоторним погоном по броју обртаја и обртном моменту.

На слици 9 приказана је хидрауличка шема изведене инсталација.



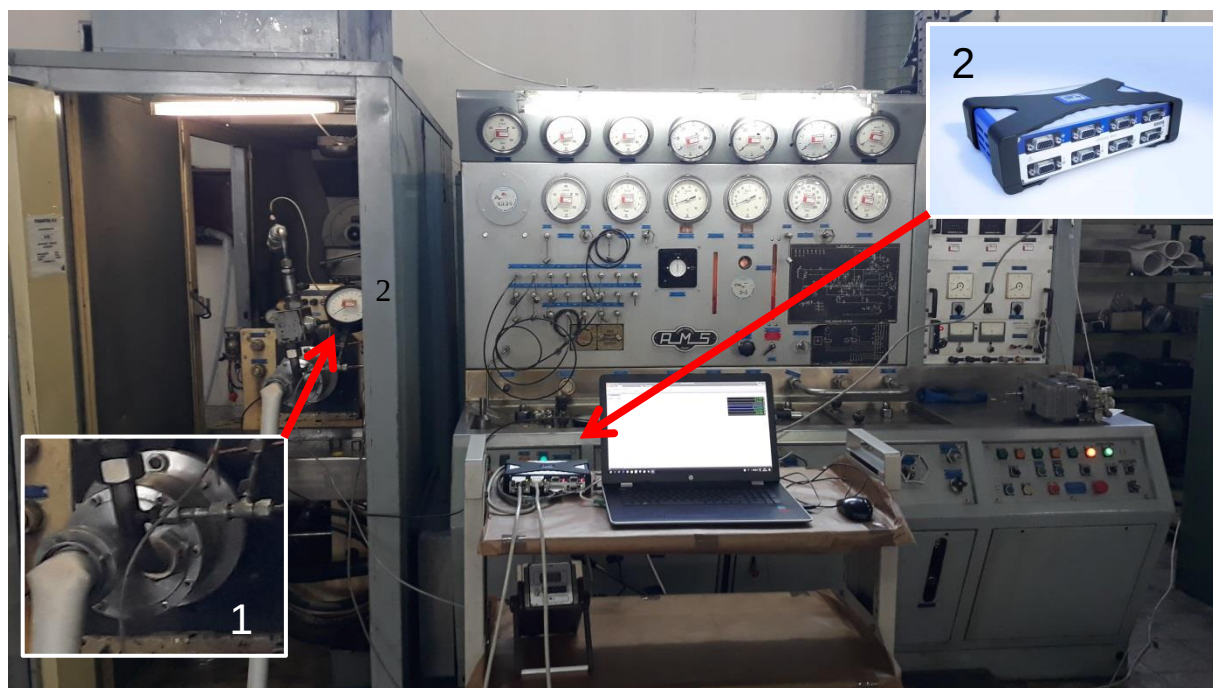
Слика 9. Шема испитне инсталације

1-Клипно аксијална пумпа PPT VH10; 2-Спојница; 3-Редуктор; 4-Електромотор;
 5-Помоћна напојна пумпа; 6-Електромотор помоћне пумпе; 7-Усисни филтер; 8-Усисна
 славина; 9- Резервоар; 10-Грејач воде; 11-Термометар усисне гране; 12-Мерни
 претварач притиска усисне гране; 13-Мерни претварач притиска одводне гране; 14-
 Славина; 15-Термометар одводне гране; 16-Мерна турбина протока; 17-Термометар;
 18-Термометар у резервоару

За потребе експеримента мерене су следеће величине:

1. Притисак у цевоводу напајања пумпе
2. Притисак у потисном цевоводу
3. Проток пумпе
4. Температура радног флуида
5. Број обртаја и обртни момент погонског вратила пумпе.

Помоћна пумпа за довод радног флуида постављена је испред испитне пумпе како би се обезбедио стабилан и контролисан доток течности [97]. Испитни сто је опремљен резервоаром за воду капацитета 1000 литара и системом за контролу температуре, који би обезбедио стабилне услове током испитивања. Температура радног флуида током испитивања је одржавана у опсегу од 25 до 30 °C. На слици 10. приказана је испитивана пумпа инсталирана на испитном столу [40].



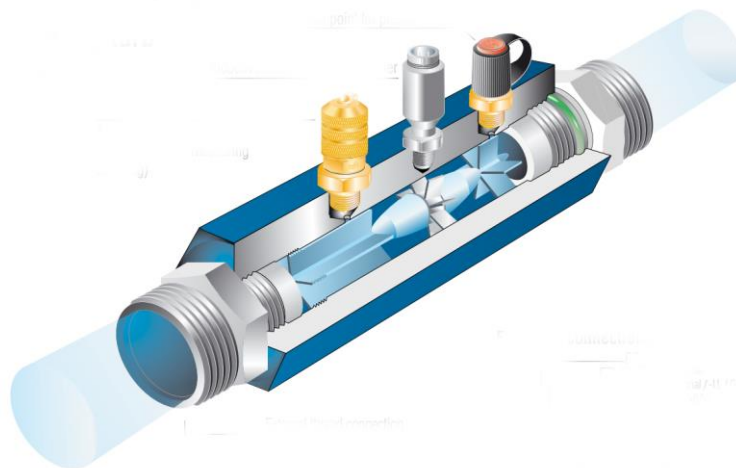
Слика 10. Испитни сто са инсталираном пумпом
1-клипно аксијална пумпа, 2-уређај за аквизицију података

За мерење притиска коришћени су мерни претварачи притиска на бази мерних трака типа РЗМА производ фирме Hottinger Немачка, (слика 11.). Мерни претварач притиска у напојном цевоводу пумпе је опсега мерења од 0 до 100 bar, класе тачности 0,1 и пропусног опсега 100 kHz, док је претварач притиска у потисном цевоводу опсега од 0 до 500 bar, класе тачности 0,1 и пропусног опсега 100 kHz .



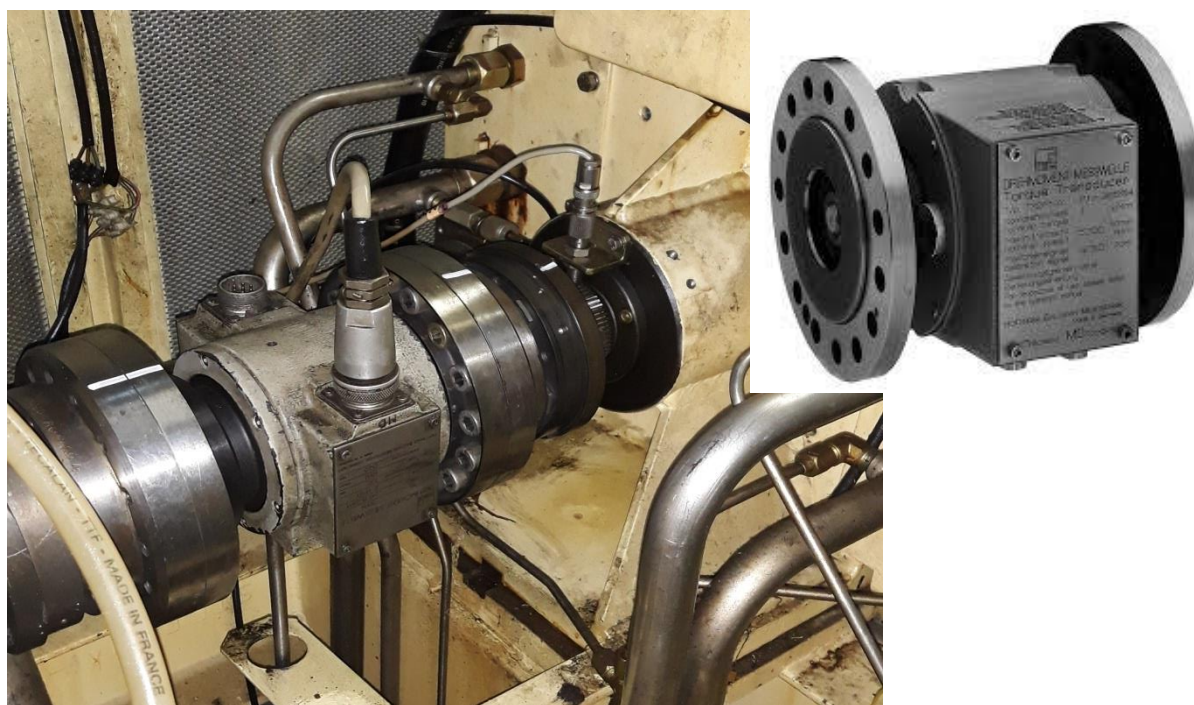
Слика 11. Претварач притиска РЗМА

Мерење протока је изведено мерном турбином типа PE 3 Hydrotechnik GMBH, производње класе тачности 0,4 (слика 12.).



Слика 12. Мерна турбина типа PE 3 Hydrotechnik GmbH

Мерни давач обртног момента и броја обртаја је произвођача HBM, ознаке T30 FN 3/500 – Опсег мерења од 0 до 500 kNm, класе тачности 0,1. (слика 13.).



Слика 13. Мерни давач обртног момента и броја обртаја T30 FN

За аквизицију и обраду података коришћен је универзални аквизициони систем QuantumX MX840 произвођача HBM (слика 14.), са класом тачности до 0,01. Систем користи компјутерски програм MX Assistant и омогућава континуирано мерење и прорачун карактеристичних параметара радног циклуса пумпе у реалном времену. QuantumX MX840 систем има 8 канала са 24-битним А/Д конверторима по каналу и истовремено мерење на 8 канала. За потребе овог експеримента, симултано су вршена мерења на 5 канала. Брзина узорковања била је 192 kHz по каналу. Програм омогућава мерење цикличних и нецикличних процеса који се брзо мењају са графичком визуелизацијом. Да би се омогућила накнадна анализа и прорачуни, прикупљени подаци су архивирани у различитим форматима датотека.



Слика 14. Уређај за аквизицију и обраду података QuantumX MX840

3.6 Резултати експерименталног испитивања

У експерименту је анализирана промена протока пумпе у зависности од угаоне брзине погонског вратила. За сваку брзину ротације, оптерећење пумпе је вршено кроз вентил на излазу пумпе, тако да је излазни притисак био у опсегу од 1–8 МПа, према плану испитивања приказаном у Табели 5. Тест интервал током којег су мерени параметри пумпе био је 50 ms.

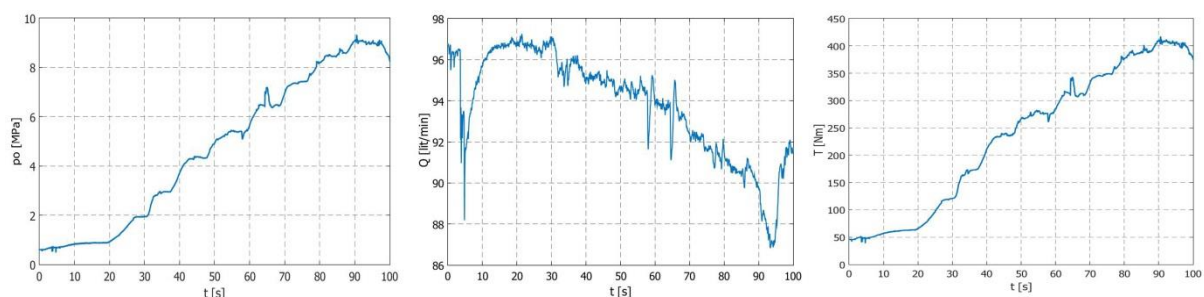
Експериментално испитивање је обухватило шест режима рада (ИР1-ИР6). За сваки од ових режима рада, на дијаграмима су приказане промене излазног притиска, протока радног флуида пумпе, као и вредности обртног момента погонског вратила.

Уочене су пулзације у притиску, протоку и обртном моменту пумпе, које су значајно утицале на капацитет и степен корисности пумпе. Ове пулзације су повезане са радним флуидом и трећем радном флуидом, за који се сматра да има ниску вискозност. У том смислу, такође се мора обратити пажња на избор материјала који се користе у компонентама пумпе који су изложени хабању, као и триболошким захтевима које они морају да испуне.

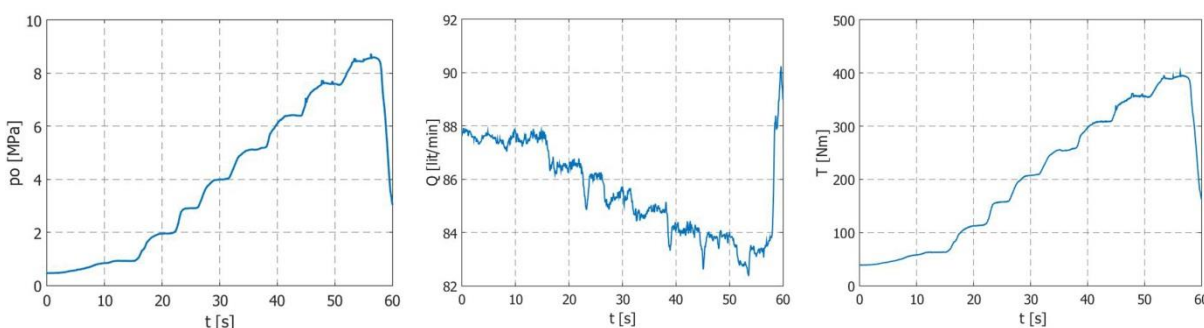
Табела 5. Режији рада примењени током процеса експерименталног испитивања.

Редни број	Назив	Угаона брзина погонског вратила (o/min)	Притисак на улазу пумпе (МПа)	Притисак на излазу пумпе (МПа)
1	ИР1	1000	0,3	1÷8
2	ИР2	900	0,3	1÷8
3	ИР3	800	0,3	1÷8
4	ИР4	700	0,3	1÷8
5	ИР5	600	0,3	1÷8
6	ИР6	500	0,3	1÷8

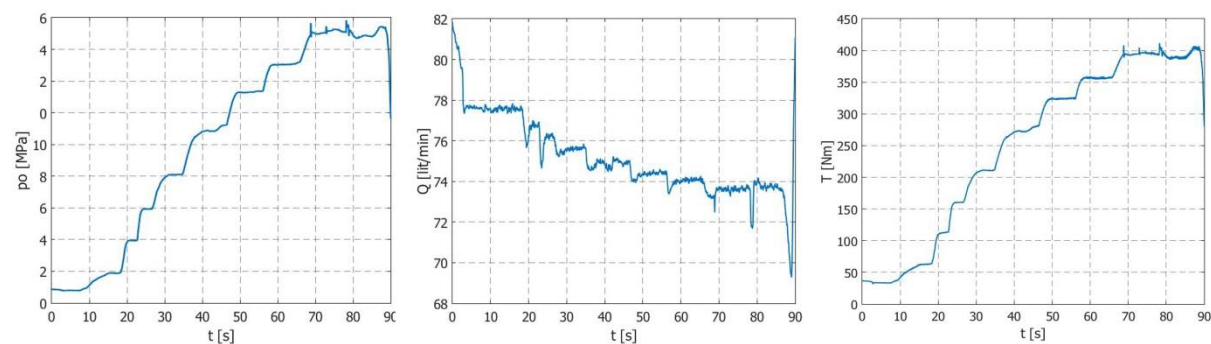
Резултати испитивања су дати на сликама 15-20. На сликама 15-20. приказани су дијаграми промене излазног притиска, протока и обртног момента погонског вратила у зависности од времена [41, 45].



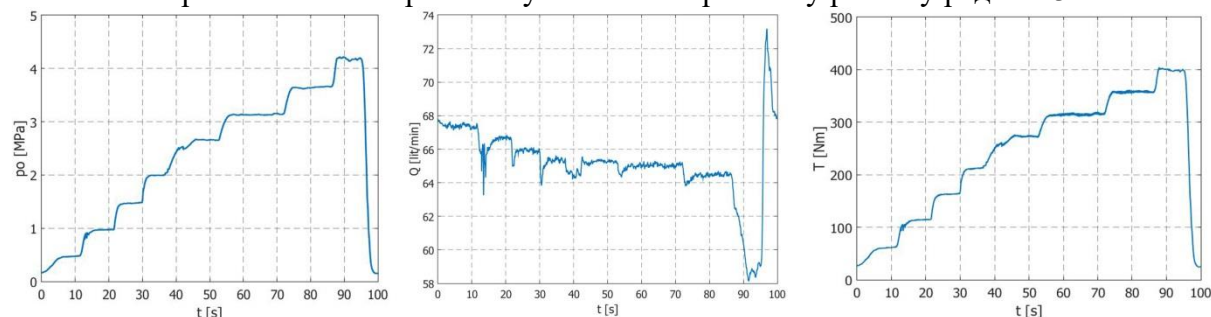
Слика 15. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP1



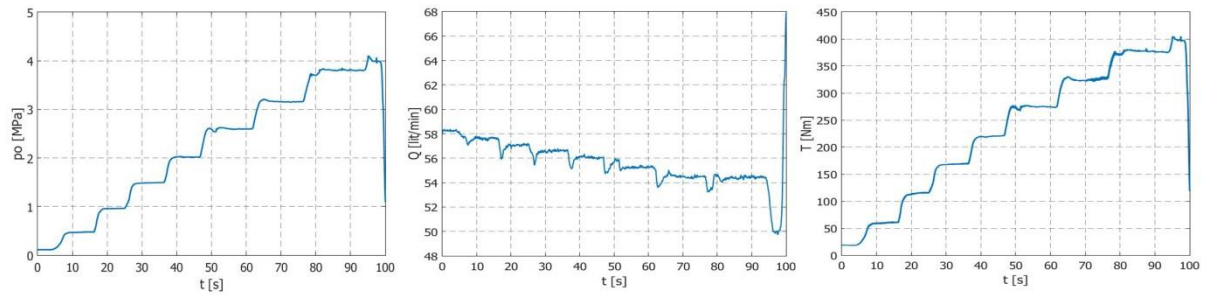
Слика 16. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP2



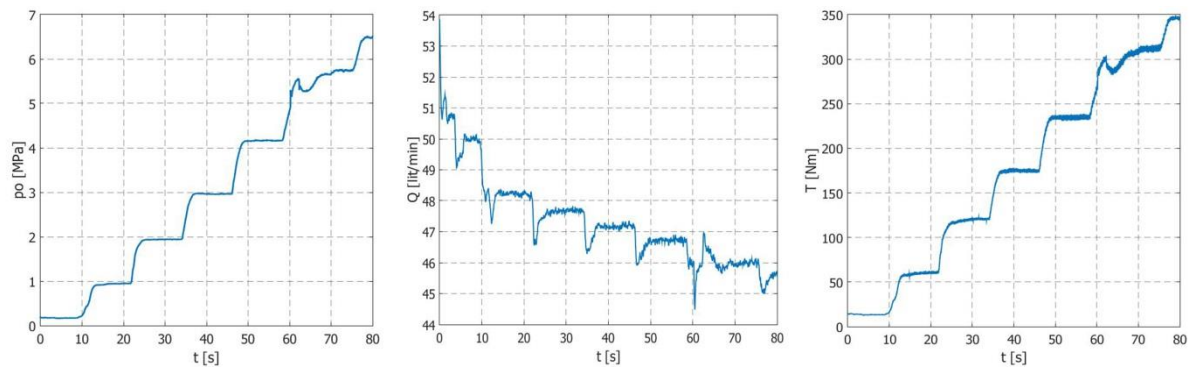
Слика 17. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP3



Слика 18. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP4

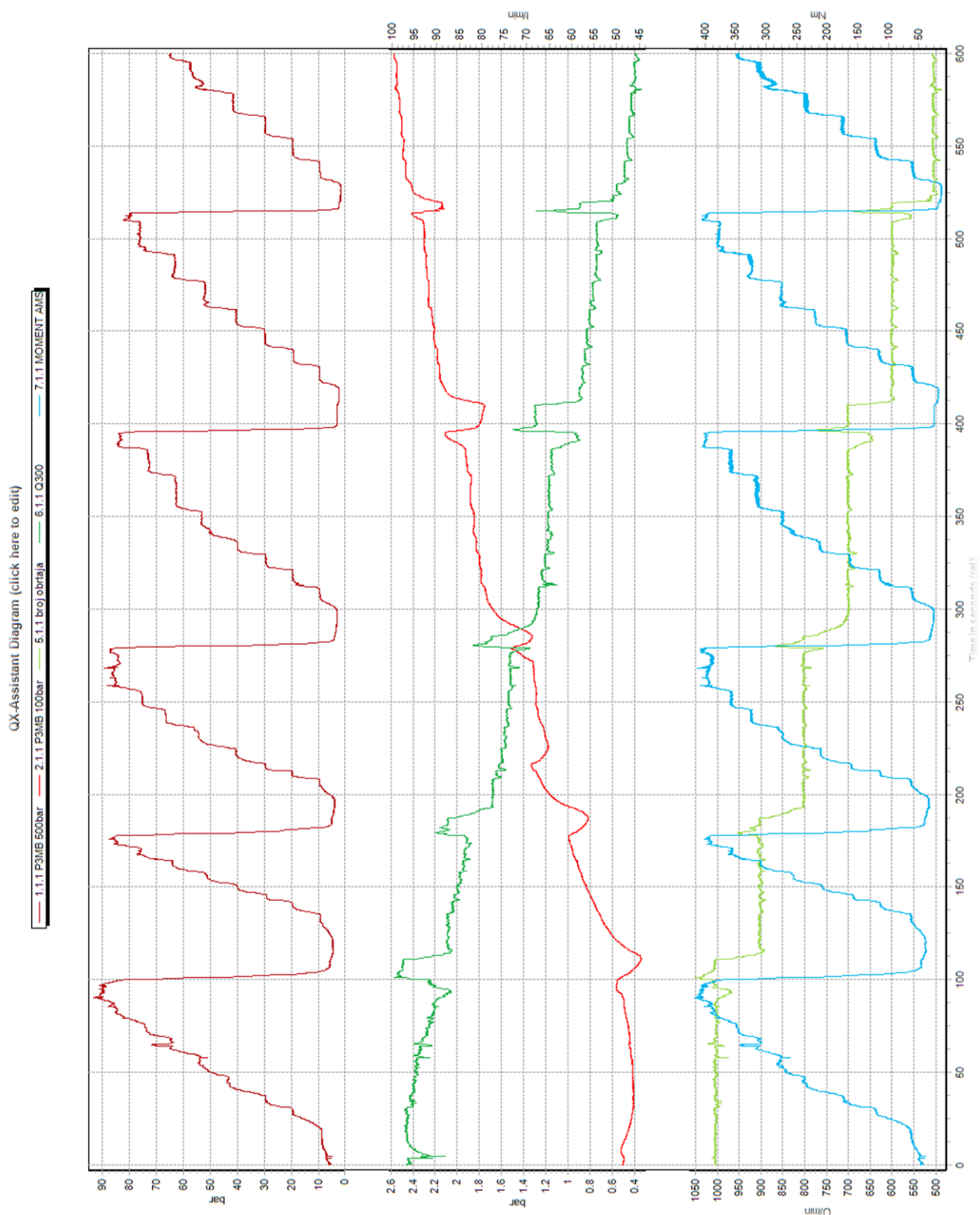


Слика 19. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP5



Слика 20. Дијаграм зависности излазног притиска, протока радног флуида и обртног момента вратила пумпе током времена у режиму рада IP6

На слици 21. приказан је збирни дијаграм измерених вредности радних параметара пумпе у зависности од времена тестирања.



Слика 21. Збирни дијаграм измерених вредности радних параметара пумпе.

4 СТРУКТУРА, ОРГАНИЗАЦИЈА И ПРИМЕНА КОМПЈУТЕРСКОГ ПРОГРАМА ЗА МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ

Програм је развијен у програмском језику Digital Visual Fortran 5.0 (DVF). Састављен је од главног програма и модула. Важнији програми су писани као заокружени модули који се повезују међусобно или са главним програмом, али се могу користити и самостално [20]. DVF је идеалан за решавање једначина динамике флуида којима дефинишемо унутрашње радне процесе пумпи у свим радним циклусима. Овај програмски језик се може користити за симулацију промене температуре унутар компонената пумпе и анализу преноса топлоте услед трења и компресије применом метода коначних елемената (МКЕ) [29].

DVF омогућава анализу напрезања на компонентама пумпе, као што су клипови, цилиндри и клипњаче. Ова анализа доприноси процени структуралног интегритета и издржљивости пумпе у различитим оперативним условима [29].

За математичко моделирање струјних и хидродинамичких процеса за време радног циклуса клипно - аксијалне пумпе је развијен програмски пакет AKSIPVH. Програм је замишљен и пројектован из главног програма и његових модула. Модули су састављени из једног или више потпрограма, а извршавају утврђен низ операција. На слици 22. је приказан блок дијаграм програма. Модул AKSIPVH програма обавља неколико кључних функција. Прво, врши учитавање улазних података неопходних за рад програма. Затим, врши штампање тих података ради прегледа и даље анализе. Такође, одређује константе које ће бити коришћене у даљем процесу. Након завршетка ових корака, модул позива ECITERVH модул за даљу обраду података и извршавање наредних корака у процесу.

У модулу ECITERV нумерички се решава једначина (3), дата у поглављу 2:

$$p_u + \frac{1}{2} \rho v_u^2 = p_p + \frac{1}{2} \rho v_p^2$$

где су улази и излази из модула ECITERV:

p_u - притисак на улазу у усисну комору пумпе,

p_p - притисак на излазу усисне коморе пумпе,

ρ - густина радног флуида,

v_p - брзина радног флуида на излазу усисне коморе пумпе

Улазни подаци програма се читају из датотеке AKSIPVH.DAT, док се резултати израчунавања смештају у излазне датотеке DH1.DAT, DH2.DAT и DH3.DAT. Кориштењем модула DIAGVH, ови резултати се обрађују и приказују дијаграмски на монитору рачунара у 24 прозора током самог процеса анализе. Програмски систем AKSIPVH омогућава тзв. мултимоделирање, што значи да корисник даје могућност да сам изабере математички модел за различите процесе у пумпи. Овај избор може бити детерминистички или стохастички, што је јасно приказано на блок-дијаграму, односно слици 22. [29].

У случају детерминистичког избора модела, корисник прецизира жељени модел приликом формирања датотека улазних података AKSIPVH.DAT. Насупрот томе, стохастички избор модела има посебан значај у статистичкој анализи поузданости моделирања резултата. Програм је структуриран у више нивоа ради ефикасног управљања процесима.

Сви битни подаци се преносе кроз COMMON блокове како би се очувала кохерентност система јединица. Главни програм носи име AKSIPVH и представља први

ниво. Током извршавања, главни програм позива потпрограм ECITERVH другог нивоа и поставља почетне вредности релевантних величина.

Почетак прорачуна дефинише се у улазној датотеци тако што се задаје почетни угао прорачуна. Параметрима у улазној датотеци дефинише се о ком моделу пумпе се ради, што између осталог условљава и начин прорачуна појединих величина [29].

При избору математичког модела коришћењем главног програма AKSIPVH предвиђене су следеће могућности и идентификатори (Табела 6.).

Табела 6. Могућности и идентификатори главног програма AKSIPVH

Назив могућности	Идентификатор	Опис
Промена притиска улазна комора	IS=0	Притисак је константан
	IS=1	Притисак је променљив
Промена притиска излазна комора	IT=0	Притисак је константан
	IT=1	Притисак је променљив
Усисни разводни орган	IU=1	Усисна разводна плоча
	IU=11	Усисни вентил
Потисни разводни орган	II=1	Потисна разводна плоча
	II=11	Потисни вентил
Избор коефицијента протока	IMDMI=0	Коефицијенти протока се задају као константе табеларно
	IMDMI=1	Коефицијент протока задат у функцији притиска
	IMDMI=2	Коефицијент протока задат у функцији броја обртаја
	IMDMI=3	Коефицијент протока задат у функцији притиска и броја обртаја
Избор модела који узима у прорачун инерцију масе флуида	IMIN=0	Не узима се у обзир инерција масе
	IMIN=1	Узима се у обзир инерција масе

Други ниво програма обухвата модул (ECITERVH), специјализован за решавање нелинеарних диференцијалних једначина коришћењем Ојлер-Кошијевих граничних услова и итеративних метода. Зависно од модела пумпе, овај модул позива одређен потпрограм трећег нивоа (FUNCVH) са једначинама граничних услова, преко кога се успоставља веза са осталим потпрограмима четвртог нивоа у које спадају: потпрограм за налажење параметара струјања на крајевима цеви (UCEVGVH), потпрограм за налажење параметара струјања унутар цеви (UCEVVH), потпрограм за налажење кинематских карактеристика клипа (KINSVH), потпрограм за налажење тренутних ефективних улазних и излазних проточних пресека разводне плоче (KPLUVH, KPLIVH), потпрограм за израчунавање тренутних ефективних проточних пресека усисног и потисног вентила (KAVEUVH, KAVEIVH) и модул за одређивање физичких карактеристика флуида (GORKSVH, GORKOSVH). На овај начин конципиран програм омогућава симултано извршавање свих процеса, што одражава стварни ток догађаја у клипно-аксијалној пумпи. Детаљна структура програма, без изношења алгоритама сваког појединачног модула, приказана је на сликама 22. и 23. како би се програм најефикасније сагледао.

Модулом UCEVVH нумерички се решава једначина (4), дата у поглављу 2:

$$p_c V_c = p_i V_i$$

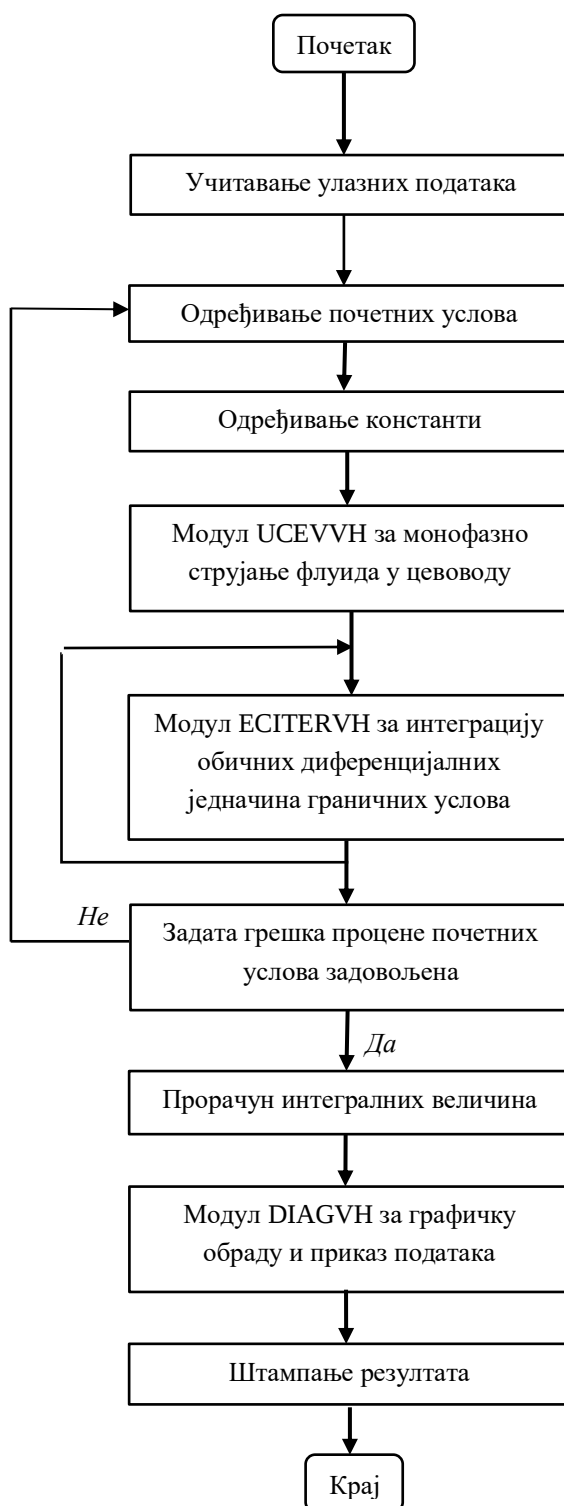
где су улази и излази из модула UCEVVH:

p_c - притисак на излазу из цилиндра пумпе,

V_c - запремина радног флуида коју истисне клип из цилиндра,

p_i - притисак на излазу из потисне коморе пумпе,

V_i - запремина радног флуида из потисне коморе.



Слика 22. Структура главног програма AKSIPVH за прорачун радних параметара клипно - аксијалне пумпе



Слика 23. Структура потпрограма ECITERVH

4.1 Примена развијених математичких модела и компјутерског програма

За проверу развијених математичких модела струјно - хидродинамичких процеса и развијеног компјутерског програма, одабрана је клипно - аксијална пумпа PPT VH10 производње "Прва Петолетка Наменска" Трстеник [45].

На основу конструктивне документације дефинисани су неопходни улазни подаци за прорачун, који су наведени у табели 7.

Табела 7. Улазни подаци за прорачун

Редни број	Назив	Ознака	Ознака у програму	Величина
1	Број цилиндара	z_c	IZCIL	9
2	Номинални притисак, bar	p_n	PN	100
3	Притисак коришћења, bar	p_u	PU	1.45
4	Угао нагиба косе плоче, цилиндарског блока, °	β	BETAG	10.5
5	Број обртаја погонског вратила, min ⁻¹	n	AN	800
6	Коефицијент корекције угаоне брзине	A	AOM	0.00
7	Запремина потисне коморе, m ³	V_v	VT	$2.71 \cdot 10^{-4}$
8	Запремина уисне коморе, m ³	V_s	VS	$5.0 \cdot 10^{-4}$
9	Садржај гаса у флуиду	γ	XG	0.015
10	Пречник цилиндра, m	D_c	DC	$28.0 \cdot 10^{-3}$
11	Радијални зазор клипа у цилиндру, m	Δr	DER	$9.78 \cdot 10^{-6}$
12	Запремина штетног простора, m ³	V_{cmin}	VCIMIN	$30.25 \cdot 10^{-6}$
13	Подножни полупречник уисног отвора разводне плоче, m	R_1	R1U	$35.0 \cdot 10^{-3}$
14	Темени полупречник уисног отвора разводне плоче, m	R_2	R2U	$51.0 \cdot 10^{-3}$
15	Подножни полупречник потисног отвора разводне плоче, m	R_1	R1I	$31.0 \cdot 10^{-3}$
16	Темени полупречник потисног отвора разводне плоче, m	R_2	R2I	$51.0 \cdot 10^{-3}$
17	Угао отвора разводне плоче, °	φ_0	FI0G	0
18	Угао почетка фазе коришћења, °	α_2	ALM2G	27
19	Угао почетка фазе потискивања, °	α_1	ALM1G	31.03
20	Пречник отвора уисног вентила, m	d_v	DVU	$8.0 \cdot 10^{-3}$
21	Пречник уисног цевовода, m	D	DCEU	$30.0 \cdot 10^{-3}$
22	Пречник потисног цевовода, m	D	DCEI	$20.0 \cdot 10^{-3}$
23	Дужина цевовода, m	L	LC	0.650
24	Коефицијент протока на уласку уисне цеви	μ_{ceu}	AMICEU	0.58
25	Коефицијент протока редукционог вентила хидрауличке инсталације	μ_{cei}	AMICEI	0.015
26	Притисак у рисиверу хидрауличке инсталације I, bar	p_{res}	PNRES	1.45
27	Притисак у рисиверу хидрауличке инсталације II, bar	p_{res}	PNRES	200

28	Основна константа коефицијента протока уисног разводног органа	μ_{u0}	AMU0	0.70763
29	Допунска константа коефицијента протока уисног разводног органа	μ_{u1}	AMU1	0.3236
30	Допунска константа коефицијента протока уисног разводног органа	μ_{u2}	AMU2	0.2543
31	Основна константа коефицијента протока потисног разводног органа	μ_{i0}	AMI0	0.90797
32	Допунска константа коефицијента протока потисног разводног органа	μ_{i1}	AMI1	$4.22 \cdot 10^{-5}$
33	Допунска константа коефицијента протока потисног разводног органа	μ_{i2}	AMI2	$3.55 \cdot 10^{-5}$
34	Полупречник цилиндарског блока, m	R_v	RV	$42.0 \cdot 10^{-3}$
35	Коефицијент губитка на улазу за модел са инерцијом радног флуида	ζ_E	KFU	0.49988
36	Коефицијент губитка на излазу за модел са инерцијом радног флуида	ζ_i	KFI	0.52434
37	Коефицијент губитка услед трења за модел са инерцијом радног флуида	ζ_B	KSE	0.42164
38	Коефицијент губитка услед промене правца за модел са инерцијом радног флуида	ζ_K	KSK	0.28008
39	Средња кинематска вискозност флуида у уисној комори, m ² /s	ν_s	ANIS	$36.12 \cdot 10^{-6}$
40	Средња кинематска вискозност флуида у цилиндру пумпе, m ² /s	ν_c	ANIC	$47.0 \cdot 10^{-6}$
41	Средња кинематска вискозност флуида у потисној комори, m ² /s	ν_t	ANIT	$57.88 \cdot 10^{-6}$

4.2 Систематско истраживање карактеристичних параметара

Истраживани су карактеристични параметри клипно - аксијалне пумпе који утичу на токове притисака у цилиндру и потисној комори [20]. Параметри из датотеке AKSIPVH.DAT, табела 8, могу се само идентификовати, само оптимизирати, али и истовремено идентификовати и оптимизирати [22]. Прорачун је изведен за целокупан радни циклус, а резултати су приказани за поједине делове циклуса .

Табела 8. Датотека AKSIPVH.DAT карактеристичних параметара клипно-аксијалне пумпе

Редни број	Назив карактеристичних параметара	Ознака
1	Карактеристични назив примера	BROJP=PPT VH10
2	Модел прорачуна цевовода	IFC= 3
3	Модел прорачуна инерције	IMIN=1
4	Модел прорачуна усисног колектора	IS=1
5	Модел прорачуна потисног колектора	IT=1
6	Модел прорачуна усисног разводног органа	IU=1
7	Модел прорачуна потисног разводног органа	II=11
8	Модел прорачуна коефицијента протока	IMDMI=1
9	Број деоница цеви	IC=33
10	Број цилиндара	IZCIL=9
11	Номинални притисак	PN=100.0
12	Притисак усисавања	PU=1.2
13	Угао нагиба косе плоче	BETAG=10.5
14	Број обртаја погонског вратила	AN=800
15	Коефицијент корекције угаоне брзине	AOM=0.020
16	Запремина потисне коморе	VT=2.70 · 10 ⁻⁴
17	Запремина усисне коморе	VS=5.0 · 10 ⁻⁴
18	Садржај гаса у флуиду	XG=0.0094
19	Пречник цилиндара	DC=28.0 · 10 ⁻³
20	Радијални зазор клипа у цилиндру	DER=9.78 · 10 ⁻⁶
21	Запремина штетног простора	VCMIN=30.25 · 10 ⁻⁶
22	Подножни полупречник усисног отвора разводне плоче	R1U=35 · 10 ⁻³
23	Темени полупречник усисног отвора разводне плоче	R2U=51 · 10 ⁻³
24	Подножни полупречник потисног отвора разводне плоче	R1I=31 · 10 ⁻³
25	Темени полупречник потисног отвора разводне плоче	R2I=51 · 10 ⁻³
26	Угао отвора разводне плоче	FI0G=0.06
27	Угао почетка фазе усисавања	ALM1G=27.2
28	Угао почетка фазе потискивања	ALM2G=31.030
29	Пречник усисног цевовода	DCEU=30 · 10 ⁻³
30	Пречник потисног цевовода	DCEI=20 · 10 ⁻³
31	Дужина цевовода	LC=1.5
32	Коефицијент протока на уласку усисне цеви	AMICEU=0.58
33	Полупречник цилиндарског блока	RV=42 · 10 ⁻³
34	Притисак у ресиверу	PNRES=1.4
35	Константа коеф. протока усисног разводног органа	AMU0=0.70
36	Константа коеф. протока усисног разводног органа	AMU1=0.330
37	Константа коеф. протока потисног разводног органа	AMI0=0.72
38	Константа коеф. протока потисног разводног органа	AMI1=4.00 · 10 ⁻⁵
39	Коефицијент губитка на улазу флуида за модел IMIN=1	KFU=0.49988
40	Коефицијент губитка на излазу флуида за модел IMIN=1	KFI=0.52434
41	Коефицијент губитака услед трења за модел IMIN=1	KSE=0.42164
42	Средња кинематска вискозност флуида у усисној комори	ANIS=36.12 · 10 ⁻⁶

5 ИДЕНТИФИКАЦИЈА И ОПТИМИЗАЦИЈА РАДНИХ И КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТАРА

5.1 Идентификација параметара

Идентификација параметара клипно-аксијалне пумпе у хидрауличком систему важан је корак у анализи и правилном одржавању ових уређаја. Важно је напоменути да прецизна идентификација параметара клипно-аксијалне пумпе може захтевати комбинацију више метода и стручност у области хидраулике. Такође, одржавање редовног праћења и дијагностике пумпе може продужити њен век трајања и осигурати висок степен корисности хидрауличног система.

5.1.1 Мерења протока и притиска

Ово је основна метода за идентификацију параметара клипно-аксијалних пумпи. Помоћу сензора мери се улазни и излазни проток воде и притисак у систему. На основу ових мерења може се израчунати степен корисности пумпе и капацитет. Мерење протока и притиска клипне аксијалне пумпе у водном хидрауличком систему је кључно за праћење и одржавање перформанси система:

– Мерење протока:

- Инсталирати мерач протока у хидраулички вод. Избор мерача протока зависи од специфичних примена. Уобичајени типови мерача укључују електромагнетне, ултразвучне или турбинске мераче протока.
- Потребно је да се мерач протока правилно позиционира у хидрауличком кругу. Обично се поставља у складу са смером протока и води рачуна да нема значајних препрека или кривина у цевоводу пре или после мерача протока.
- Калибрисати мерач протока према упутствима произвођача да би обезбедили тачна мерења протока.
- Податке снимања читавања забележити са мерача протока. Ово се може урадити ручно или коришћењем система за прикупљање података у зависности од нивоа аутоматизације.

– Мерење притиска:

- За идентификацију притиска инсталирати претвараче притиска или сензоре на релевантне тачке у хидрауличком кругу.
- Трансдукторе притиска поставити на местима где се тражи прецизно мерење. Ово може бити на улазним и излазним отворима пумпе или на одређеним локацијама у хидрауличким водовима.
- Калибрисати претвараче притиска према упутствима произвођача да би обезбедили тачна мерења притиска.
- Читавање притиска са сонде може се урадити ручно или користити систем за прикупљање података за аутоматско снимање.

Да би се добила потпуна слика о перформансама пумпе, често је неопходно истовремено мерити проток и притисак. Ово омогућава израчунавање потрошње енергије, степена корисности, хидрауличке снаге и губитака. Резултати мерења омогућавају израду дијаграма који приказују промену протока, притиска, снаге и ефикасности пумпе у зависности од брзине обртања, угла обртања или времена.

5.1.2 Мерења брзине погонског вратила пумпе

Клипно-аксијалне пумпе обично користе електричне моторе или друге изворе енергије за погон. Мерење броја обртаја погонског вратила клипно-аксијалне пумпе у водном хидрауличком систему је кључно за праћење и контролу перформанси пумпе. Постоји неколико метода и уређаја које се могу користити за мерење броја обртаја:

1. Тахометар је уређај посебно дизајниран за мерење брзине ротације вратила. Доступни су различити типови тахометара, као што су механички, магнетни и оптички. Тахометар се може причврстити на погонско вратило и он ће у реалном времену пружити информације о броју обртаја у минути.
2. Енкодер је електронски уређај који претвара ротациони положај осовине у електрични сигнал. Ротациони енкодери се могу користити за мерење броја обртаја и смера ротације. Енкодер се може поставити на погонско вратило и повезати са контролером или рачунаром за праћење ротације вратила.
3. Сензор Холовог ефекта се такође може користити за мерење броја обртаја погонског вратила. Причвршћивањем малог магнета на осовину и позиционирањем сензора Холовог ефекта у близини, могу се открити промене у магнетном пољу док се осовина ротира. Ове информације се могу користити за одређивање броја обртаја.
4. Сензори близине, као што су индуктивни или капацитивни сензори, могу се користити за откривање присуства или одсуства металне мете на ротирајућем вратилу. Постављањем металне мете (на пример, мале металне заставице) на вратило, може се користити сензор близине за бројање обртаја, док мета пролази поред сензора.
5. Бројање импулса - ако се има приступ електричним сигнаlima који напајају мотор који покреће клипну аксијалну пумпу, могу се бројити импулси које генерише контролер мотора. Већина мотора је опремљена енкодерима или сензорима који генеришу импулсе док вратило мотора ротира. Бројећи ове импулсе, може се одредити број обртаја.
6. Микроконтролер или ПЛЦ може повезати сензоре или енкодере на микроконтролер или програмабилни логички контролер који је програмиран да броји обртаје и приказује или евидентира податке. Овај приступ пружа флексибилност за интеграцију у систем контроле и надзора.

5.1.3 Мерење температуре воде

Мерење температуре воде у клипно-аксијалној пумпи хидрауличког система за воду је важно за праћење перформанси система и обезбеђивање радних услова унутар жељеног опсега. Постоји неколико метода и сензора који се могу користити за мерење температуре воде:

1. Термопарови су температурни сензори који користе принцип Seebeck effect. Састоје се од две различите металне жице спојене на једном крају. Када постоји температурна разлика између спојеног краја и слободних крајева, он генерише напон који се може користити за мерење температуре. Потапањем сонде термоелемента у ток воде или причвршћивањем на кућиште пумпе могу се обезбедити тачна читавања температуре.
2. Детектори температуре отпора (РТДс) су температурни сензори који се ослањају на промену електричног отпора металне жице (обично платине) са температуром. Веома су прецизни и стабилни у широком температурном опсегу. Инсталирање

РТД сензора у контакту са протоком воде може обезбедити прецизна мерења температуре.

3. Инфрацрвени (ИР) термометри користе инфрацрвено зрачење које емитује објекат да би одредили његову температуру. Може се користити ручни ИР термометар усмерен на површину пумпе или проток воде да би добили бесконтактно читавање температуре. Овај метод је брз и погодан, али може имати ограничења у погледу тачности и домета.
4. Температурне сонде са сензорима посебно дизајнираним за мерење температуре воде могу се убацити у ток воде или причврстити на кућиште пумпе. Ове сонде су често робусне и дизајниране да издрже услове који се срећу у водним хидрауличким системима.
5. Термовизијске камере могу да пруже визуелни приказ расподеле температуре. Овај метод је користан за идентификацију потенцијалних проблема, али неће обезбедити прецизна мерења.
6. Дигитални регулатори температуре - неке клипно-аксијалне пумпе су опремљене уграђеним сензорима температуре и дигиталним регулаторима температуре. Ови контролери могу да обезбеде читавања температуре у реалном времену и могу понудити опције контроле за одржавање температуре воде унутар одређеног опсега.

Приликом избора методе за мерење температуре воде у клипно-аксијалној пумпи, потребно је узете у обзир факторе као што су потребна тачност, доступност места мерења и услови околине у којима пумпа ради. Неопходно је да је изабрани температурни сензор компатибилан са хидрауличким системом воде и да испуњава специфичне потребе праћења и контроле.

5.1.4 Мерења вибрација кућишта пумпе

Вибрације пумпе могу бити показатељ проблема или неправилности у раду. Мерењем вибрација и анализом спектра, могу се идентификовати евентуални механички проблеми. Мерење вибрација у клипно-аксијалним пумпама које се користе у водној хидраулици је кључно за праћење њиховог стања и обезбеђивање несметаног рада.

Уобичајене методе за мерење вибрација су:

1. Мерачи убрзања се широко користе за мерење вибрација у хидрауличким системима. Ови сензори се могу причврстити на различите делове пумпе, као што су кућиште пумпе, мотор или одређене критичне тачке склопа пумпе. Они откривају и бележе убрзање компоненти пумпе, које се затим могу анализирати да би се проценио ниво и учесталост вибрација.
2. Пијезоелектрични сензори су још један уобичајени избор за мерење вибрација у хидрауличким пумпама. Ови сензори претварају механичке вибрације у електричне сигнале. Могу се причврстити директно на пумпу или поставити на одређене локације за праћење вибрација, пружајући податке за анализу.
3. Софтвер за анализу вибрација се често користи за обраду и анализу података прикупљених од акцелерометара или пиезоелектричних сензора. Овај софтвер помаже у идентификацији фреквенције, амплитуде и образаца вибрација у пумпи. Такође може пружити увид у потенцијалне проблеме, као што су неуравнотежене компоненте, неусклађеност или хабање.
4. Анализа фреквенције је основна техника у мерењу вибрација. Анализом фреквентног спектра вибрација, може се идентификовати извор вибрација и утврдити да ли су узроковане специфичним проблемима као што су неусклађеност, резонанција или механичка неравнотежа. Брза Фуријеова

трансформација (ФФТ) је уобичајена техника која се користи за анализу фреквенција.

5. Системи за праћење вибрација нуде континуирано праћење вибрација у клипно-аксијалним пумпама. Ови системи обично укључују више сензора стратешки постављених на пумпи, регистраторе података и могућности праћења и упозорења у реалном времену. Посебно су корисни у индустријским окружењима где је континуирано праћење од суштинског значаја за спречавање скупих кварова.
6. Надгледање стања - поред мерења вибрација, праћење стања клипно-аксијалних пумпи укључује праћење других параметара као што су температура, притисак и проток течности. Интегрисање података о вибрацијама са другим релевантним параметрима може пружити свеобухватније разумевање исправности пумпе.
7. Ручне инспекције пумпе могу да допуне мерења вибрација. Ове инспекције укључују визуелне провере како би се пронашли видљиви знаци хабања, оштећења или лабавих компоненти. Провера заптивки, лежајева и клипова може помоћи у идентификацији потенцијалних проблема који доприносе абнормалним вибрацијама.
8. Ултразвучно тестирање се може користити за откривање проблема као што су кавитација или увлачење ваздуха у хидраулички систем, што може довести до вибрација. Ултразвучни сензори се користе за мерење високофреквентних звучних таласа које производе ове појаве.
9. Пригушење вибрација- примена решења за пригушивање вибрација, као што су антивибрациони носачи или изолатори, може помоћи у смањењу прекомерних вибрација и продужити век трајања пумпе.

Приликом мерења вибрација у клипно-аксијалним пумпама за хидраулику воде, неопходно је успоставити основну линију за нормалне радне вибрације и пратити сва одступања од ове основне линије. Овај проактивни приступ може помоћи у спречавању неочекиваних застоја и скупих поправки, истовремено осигуравајући степен корисности и поузданост хидрауличких система.

5.1.5 Идентификација радних и конструктивних параметара модела клипно аксијалне пумпе PPT VH10

Прецизна идентификација параметара клипно-аксијалне пумпе захтева комбинацију наведених метода и стручност у области хидраулике. Коришћењем софтверских алата за моделирање хидрауличких система и симулацијом рада пумпе могуће је проценити параметре пумпе на основу мерења и експеримената. Упоредна анализа с референтним подацима и спецификацијама параметара за клипно-аксијалну пумпу, приказана је у Табели 9.

Табела 9. Датотека IDEPAVN.DAT улазних параметара за идентификацију радног циклуса клипно аксијалне пумпе

Основни подаци:	
1. Број измерених података	NMER= 12000
2. Обим излазне датотеке	IPRINT= 0
3. Максимални број пролаза функција	NFMAX= 400
4. Максималан број итерација	ITEMAX= 400
Подаци за идентификацију:	
(Прихватање параметра за идентификацију опцијама 1-да и 0-не)	
1. Коректура измереног притиска у цилиндру	DELTP= 1
2. Коректура угла измереног притиска у цилиндру	ALMP1=1
3. Коректура нивоа измереног притиска у потисној комори	DELTPV=0
4. Номинални притисак	PN=0
5. Притисак усисавања	PU=1
6. Запремина простора	VT=1
7. Садржај гаса у радном флуиду	XG=0
8. Радијални зазор клипа	DER=1
9. Запремина сталног простора	VCMIN=1
10. Угао почетка фазе усисавања	ALM2G=1
11. Коефицијент губитка на улазу флуида	IMIN=1/KFU=1
12. Конст.коефицијента протока усисног разводног органа	AMU0=1
13. Конст.коефицијента протока потисног разводног органа	AMI0=1
14. Коефицијент губитка услед трења флуида за модел	IMIN=1/KSE=1
15. Коефицијент губитка услед промене правца за моделе	IMIN=1/KSK=1
Почетне вредности параметара за идентификацију	
1. Коректура измереног притиска у цилиндру	DELTP= 5.1870
2. Коректура угла измереног притиска у цилиндру	ALMP1=96.77
3. Коректура нивоа измереног притиска у потисној комори	DELTPV=1.4
4. Номинални притисак	PN=100.0
5. Притисак усисавања	PU=3.52
6. Запремина простора	VT=2.69 · 10 ⁻⁵
7. Садржај гаса у радном флуиду	XG=0
8. Радијални зазор клипа	DER=15.36 · 10 ⁻⁴
9. Запремина сталног простора	VCMIN=38.12 · 10 ⁻⁶
10. Угао почетка фазе усисавања	ALM2G=6.36
11. Коефицијент губитка на улазу флуида	IMIN=1/KFU=0.366
12. Конст.коефицијента протока усисног разводног органа	AMU0=0.788
13. Конст.коефицијента протока потисног разводног органа	AMI0=0.976
14. Коефицијент губитка услед трења флуида за модел	IMIN=1/KSE=0.426
15. Коефицијент губитка услед промене правца за моделе	IMIN=1/KSK=0.187

5.2 Оптимизација параметара

Оптимизација параметара клипно-аксијалних пумпи у водним хидрауличким системима је од суштинског значаја да би се обезбедио ефикасан рад, смањила потрошња енергије и продужио животни век пумпе.

Оптимизација параметара клипно-аксијалних пумпи у водним хидрауличким системима представља комбинацију правилног избора, контроле, одржавања и надзора. Континуирано побољшање и прилагођавање променљивим условима рада су кључни за постизање најбољих карактеристика и степена корисности ових пумпи. Правилан одабир пумпе осигурава да систем функционише у складу са пројектованим параметрима, минимизирајући потрошњу енергије и ризик од кварова. Контрола броја обртаја подразумева погоне са променљивим бројем обртаја или погоне са подесивом фреквенцијом за контролу броја обртаја погонског вратила. Подешавањем броја обртаја према стварној потреби, може значајно смањити потрошњу енергије и хабање пумпе.

Потребно је имплементирати системе за контролу притиска како би се одржали жељени нивои притиска у хидрауличком систему. Вентили за смањење притиска и вентили за контролу пропорционалног притиска могу помоћи у регулисању притиска, спречавајући прекомерно оптерећење пумпе.

Вентили за контролу протока регулишу протока кроз хидраулички систем. Ово може помоћи у спречавању преоптерећења пумпе и осигурати рад у оквиру свог специфицираног капацитета. Неопходан је стриктан распоред одржавања за пумпу и њене компоненте. Редовне провере, чишћење и подмазивање могу спречити превремени квар и одржати оптималне перформансе. Такође, неопходно је да се хидраулички круг добро дизајнира како би смањιο пад притиска и повећао степен корисности. Цеви, фитинзи и компоненте одговарајуће величине могу помоћи смањењу губитака енергије. Акумулатори могу складиштити енергију и ослобађати је када је потребно, смањујући оптерећење пумпе током периода највеће потражње. Ово може помоћи да се оптимизује рад пумпе и продужи њен век. Инсталирати сензоре и системе за праћење да би пратили перформансе пумпе у реалном времену. Анализирати податке да би идентификовали неефикасност или одступања од оптималног учинка и брзо предузели корективне мере. Правилна обука оператера и особља да ефикасно користе хидраулички систем. Свест о најбољим праксама и разумевање како систем функционише може помоћи у спречавању злоупотребе и непотребног хабања пумпе. Ако је постојаћа опрема застарела, иновирањем и надоградњом модерне, енергетски ефикасне клипне-аксијалне пумпе, могуће је побољшати степен корисности.

Имплементирати системе за уштеду енергије као што је регенеративно кочење, да би акумулирали и поново искористили енергију током фаза успоравања или ослобађања оптерећења.

Користећи програм за хидрауличку симулацију и моделирање у анализи различитих оперативних сценарија на моделу пумпе PPT VH10 регистровани су параметри оптимизације приказани у Табели 10.

Табела 10. Датотека улазних параметара за оптимизацију радног циклуса клипно аксијалне пумпе

Основни подаци:	
1. Број измерених података	NMER= 12000
2. Обим излазне датотеке	IPRINT= 0
3. Максимални број пролаза функција	NFMAX= 400
4. Максималан број итерација	ITEMAX= 900
Подаци за оптимизацију: (Прихватање параметра за оптимизацију опцијама 1-да и 0-не)	
1. Резерва	DELTP=0
2. Притисак усисавања	PU=1
3. Угао нагиба косе плоче	BETAG=1
4. Запремина потисне коморе	VT=1
5. Запремина усисне коморе	VS=1
6. Пречник цилиндра пумпе	DC=0
7. Радијални зазор клипа у цилиндру	DER=0
8. Подножни полупречник усисног отвора разводне плоче	R1U=0
9. Темени полупречник усисног отвора разводне плоче	R2U=1
10. Угао почетка фазе усисавања на разводној плочи	ALM2G=1
11. Запремина штетног простора	VCMIN=0
Почетне вредности параметара за оптимизацију	
1. Резерва	DELTP=3.7236
2. Притисак усисавања	PU=3.52
3. Угао нагиба косе плоче	BETAG=1
4. Запремина потисне коморе	VT= $2.81 \cdot 10^{-4}$
5. Запремина усисне коморе	VS= $5.02 \cdot 10^{-4}$
6. Пречник цилиндра пумпе	DC= $28.0 \cdot 10^{-3}$
7. Радијални зазор клипа у цилиндру	DER= $10.8 \cdot 10^{-6}$
8. Подножни полупречник усисног отвора разводне плоче	R1U= $32.1 \cdot 10^{-3}$
9. Темени полупречник усисног отвора разводне плоче	R2U= $65.7 \cdot 10^{-3}$
10. Угао почетка фазе усисавања на разводној плочи	ALM2G=29.77
11. Запремина штетног простора	VCMIN= $29.45 \cdot 10^{-6}$

6 РЕЗУЛТАТИ ИДЕНТИФИКАЦИЈЕ И ОПТИМИЗАЦИЈЕ РАДНИХ И КОНСТРУКЦИОНИХ ПАРАМЕТАРА

У пракси, инжењери пажљиво процењују све факторе и врше симулације и прорачуне како би одредили оптималне радне и конструктивне параметре клипно аксијалне пумпе. У тим проценама неопходно је успоставити равнотежу између карактеристика, трошкова и захтева за одржавањем да би се конструисала пумпа која ефикасно задовољава потребе примене. Дакле, не постоји универзални одговор на то који су оптимални параметри, јер се разликују конкретни пројекти од случаја до случаја. Применом развијеног софтвера AKSIPVH и експерименталним испитивањем модела клипно аксијалне пумпе водне хидраулике PPT VH10 идентификоване су пулзације притиска у фазама усисавања и компресије, које битно утичу на степен корисности и радни век пумпе. Поред тога нископритисне пулзације могу узроковати и појаву кавитације. Пулзације притиска захтевају детаљне прорачуне и избор одговарајућих материјала разводне плоче, који ће издржати оптерећења у интеракцији са радним флуидом (водом).

6.1 Оптималан број клипова

У клипно аксијалној пумпи број клипова може да варира у зависности од специфичне примене и захтева саме конструкције. Не постоји једнозначан одговор на ово питање, јер се приликом одређивања идеалног броја клипова морају узети у обзир различити фактори који утичу на овај избор:

- Проток пумпе је кључни фактор. Више клипова повећава проток, али такође повећава сложеност и захтеве за одржавањем.
- Притисак пумпе је још један важан фактор. Захтеви за вишим притиском могу захтевати више клипова или веће силе клипа.
- Распоживи простор у цилиндарском блоку може диктирати број клипова који се могу сместити.
- Степен корисности пумпе. Више клипова може побољшати степен корисности, али такође може довести до већег трења и хабања.
- Цена и сложеност. Повећање броја клипова обично повећава цену и сложеност пумпе, укључујући трошкове производње, одржавања и поправке.
- Поузданост. Поседовање више клипова може да обезбеди поузданост, што може бити корисно у критичним апликацијама где отказ пумпе није прихватљив.
- Жељени број обртаја погонског вратила пумпе може утицати на број клипова потребних за постизање потребног протока и притиска.

6.1.1 Утицај броја клипова на појаву пулзације притиска и протока

Број клипова, без обзира да ли је број клипова паран или непаран, у клипно аксијалној пумпи, може утицати на појаву пикова у карактеристикама пумпе, као што су проток и притисак.

Инжењери и конструктори ће узети у обзир факторе као што су величина клипа, геометрија блока цилиндра, конструкција разводне плоче и друге компоненте како би оптимизовали карактеристике пумпе и минимизирали нежељене пулзације притиска и протока.

Коначно, да ли ће бити изабрана пумпа са парним или непарним бројем клипова, зависиће од специфичних захтева за примену, укључујући проток, притисак, толеранцију на вибрације и друге факторе. Правилном конфигурацијом, обе врсте пумпи могу обезбедити поуздане и ефикасне радне карактеристике.

Смањена пулзација минимизира вибрације, што може продужити животни век пумпе и повезаних компоненти. Непаран број клипова доприноси равномернијој расподели сила унутар пумпе. Ова равнотежа помаже да се минимизирају вибрације и побољша укупна стабилност.

Смањена вибрација доводи до мањег хабања унутрашњих компоненти пумпе, што доводи до повећане поузданости и дуговечности.

Уобичајено је пројектовање пумпи са непарним бројем клипова (нпр. 5, 7, 9) да би се оптимизовале карактеристике протока. За примене које захтевају веома високу прецизност и минималну пулзацију, пумпе са већим бројем клипова могу бити пожељније.

Укратко, број клипова у клипно аксијалној пумпи је критични фактор пројектовања који утиче на равномерност протока, нивое вибрација и укупне карактеристике.

На слици 21. уочавамо карактеристичне нископритисне пулзације притиска на улазу и високопритисне пулзације на излазу из пумпе. Анализом дијаграма са слике се идентификује број пикова (девет) у сигналу притиска, који директно кореспондира са бројем цилиндара клипно аксијалне пумпе. Ова корелација потврђује прецизност мерења и указује на директну везу између броја цилиндара и фреквенције пулзација.

На основу дијаграма улазног и излазног притиска, може се закључити да је избор клипно аксијалне пумпе са девет цилиндара био адекватан за постизање жељених радних параметара, укључујући проток и притисак, као и за обезбеђивање равномерног рада пумпе. Ова анализа пружа квантитативни увид у карактеристике пумпе и омогућава оптимизацију њеног рада.

6.1.1.1 Парни број клипова

Уравнотежене силе: У пумпама са парним бројем клипова, силе које стварају клипови су често боље избалансиране. Ова равнотежа може довести до мирнијег рада и смањења вибрација. Као резултат тога, могу се приметити све мањи и мањи врхови пулсирања притиска.

Карактеристике протока: Равномерна дистрибуција клипова око блока цилиндра може допринети конзистентнијим брзинама протока и равномернијим профилима протока. Ово може довести до мањих варијација у протоку, што, заузврат, доводи до смањених пикова пулсирања протока.

Симетрична конструкција: Парни број клипова обично доводи до симетричне конструкције пумпе, што може да поједностави процесе производње и одржавања.

6.1.1.2 Непарни број клипова

Неуравнотежене силе: Пумпе са непарним бројем клипова могу имати неуравнотежене силе јер нема директног клипа насупрот сваком клипу у циклусу. Ово може довести до значајнијих вибрација и пулсирања притиска.

Карактеристике протока: Неравномерна дистрибуција клипова може довести до варијација у брзинама протока и неравномернијег профила протока. Ово може резултирати израженијим врховима пулсирања протока.

Сложена конструкција: Непаран број клипова може захтевати сложеније разматрање конструкције како би се решили проблеми неуравнотежених сила и вибрација, што може повећати сложеност при изради пумпе.

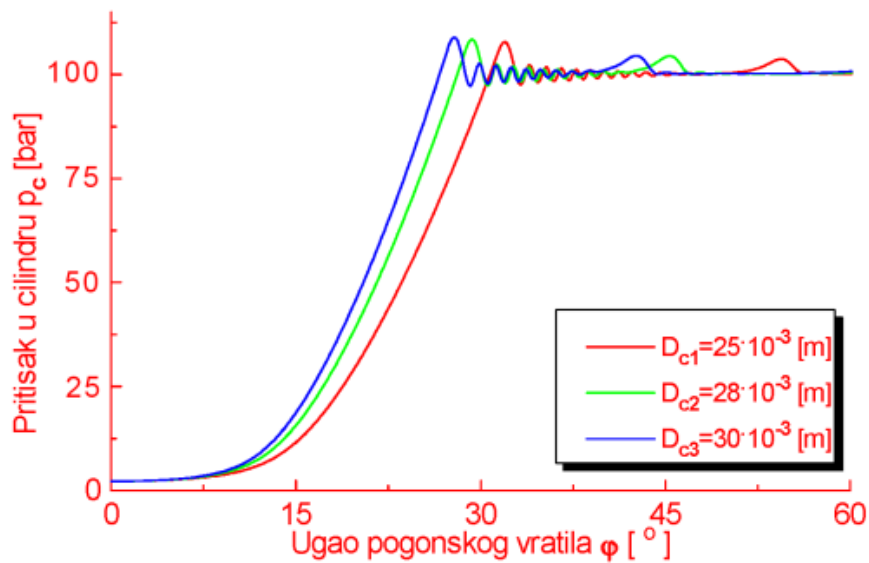
6.2 Оптималан пречник клипа

Оптимални пречник клипа за клипно аксијалну пумпу која се користи у водној хидраулици зависи од неколико фактора, укључујући жељени проток, захтеве за притиском и разматрања степена корисности. Неколико кључних фактора које треба узети у обзир приликом одређивања пречника клипа су:

- Проток пумпе. Пречник клипа директно утиче на проток пумпе. Већи клипови ће генерално резултирати већим протоком. Потребно је одредити радну запремину пумпе за конкретну специфичну примену.
- Притисак пумпе. Узети у обзир максимални притисак на којем хидраулички систем за воду треба да ради. Већи пречници клипа могу ефикасније да поднесу веће притиске.
- Захтеви за снагом. Захтеви за снагом пумпе зависе од притиска и протока. Проверити да ли је пречник клипа у складу са расположивим извором напајања и системским захтевима.
- Ограничења простора. Клипови мањег пречника могу бити потребни ако је простор ограничен.
- Цена. Већи клипови обично резултирају скупљом пумпом због већих трошкова материјала и производње.
- Бука и вибрације. Величина клипова може утицати на ниво буке и вибрација пумпе. Мањи клипови могу произвести мање буке и вибрација.

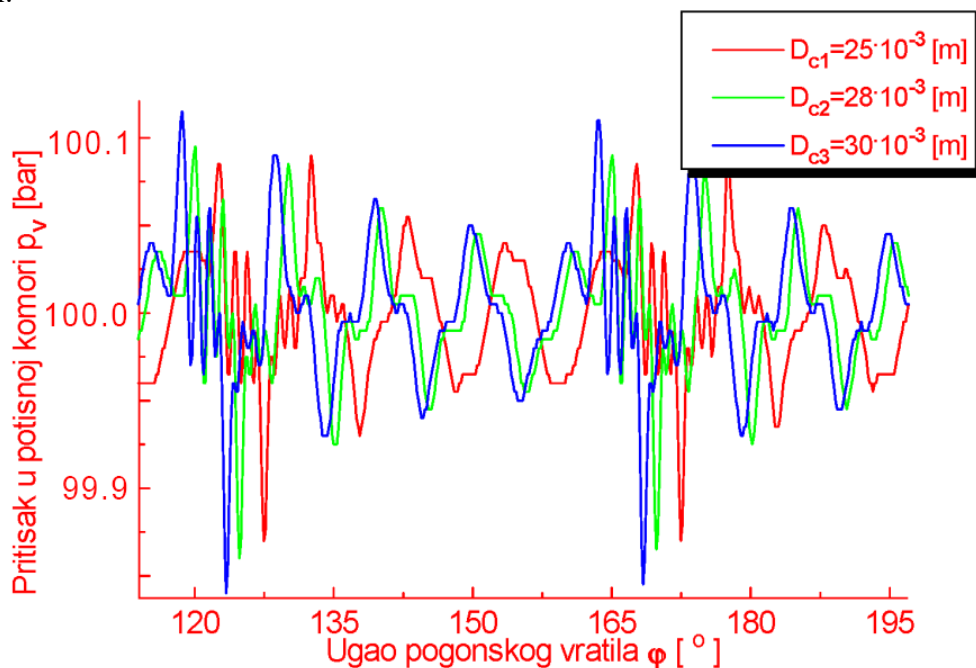
Да би одредили оптимални пречник клипа, потребно је извршити инжењерске прорачуне, симулације и евентуално тестирање прототипа да би пронашли најбољу равнотежу између протока, притиска и степена корисности за специфични хидраулички систем за воду.

Промена пречника цилиндра D_c ($D_{c1} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $D_{c2} = 28 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $D_{c3} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}$,) има директан утицај на динамику тока притиска током фазе компресије у клипно аксијалној пумпи. Повећање пречника цилиндра резултира стрмијим градијентом пораста притиска у цилиндру, што је графички приказано на слици 24. Ово је условљено повећањем запремине цилиндра у јединици времена, што доводи до бржег компримовања флуида и до бржег пораста притиска.



Слика 24. Дијаграм промене притиска p_c у цилиндру (фаза компресије) у зависности од промене пречника цилиндра D_c

Поред тога, промена пречника цилиндра D_c ($D_{c1} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $D_{c2} = 28 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $D_{c3} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}$) има значајан утицај на пулзације притиска у потисној комори, што је илустровано на слици 25. Веће вредности пречника цилиндра одговарају повећаним амплитудама пулзација притиска. Овај ефекат је последица повећане инерције флуида у већем цилиндру, што доводи до већих варијација притиска у потисној комори.



Слика 25. Пулзације притиска p_v у потисној комори у зависности од промене пречника цилиндра D_c

Оптимизација пречника цилиндра је од кључног значаја за постизање оптималних перформанси клипно аксијалне пумпе, укључујући ефикасност, проток и стабилност тока флуида. Правилан избор пречника цилиндра омогућава смањење пулзација притиска, смањење вибрација и хабања компоненти, повећање ефикасности и продужење радног века пумпе.

6.3 Оптималан зазор између клипа и цилиндра

Оптимални зазор између клипа и цилиндра је критични параметар који може утицати на карактеристике, степен корисности и поузданост пумпе. Зазор, који се често назива зазор клип-цилиндар или клип-цилиндар зазор, мора се пажљиво размотрити на основу специфичних захтева и услова рада пумпе. Кључни фактори, које треба узети у обзир приликом одређивања оптималног зазора:

- Подмазивање: У водној хидраулици, сама хидрауличка течност (вода) служи као мазиво. Према томе, зазор треба да буде довољан да омогући правилно подмазивање и минимизира трење и хабање између клипа и зида цилиндра.
- Степен корисности: Мањи зазори обично резултирају већом ефикасношћу пумпе, јер смањују унутрашње цурење и побољшавају запремински степен корисности. Међутим, изузетно мали зазори могу повећати ризик од трења, што може довести до прекомерног хабања и смањења степена корисности.
- Толеранције и материјали: Производне толеранције и материјали који се користе за клип и цилиндар могу утицати на препоручени зазор. Уже толеранције могу захтевати мање зазоре, док лабавије толеранције могу омогућити мало веће зазоре.
- Температура: Промене у температури могу утицати на зазор, јер топлотно ширење и контракција материјала могу да промене димензије. Потребно је узети у обзир очекивани температурни опсег у конкретној апликацији.
- Контаминација система: Присуство загађивача у хидрауличком систему воде може утицати на захтеве за чишћење. Загађивачи могу довести до абразивног хабања, што може захтевати веће зазоре.

Одређивање тачног оптималног зазора између клипа и цилиндра захтева комбинацију инжењерске анализе, тестирања и разматрања горе наведених фактора. У пракси, инжењери често врше симулације и тестирање прототипа како би пронашли прави баланс између контроле цурења, степена корисности и отпорности на хабање за специфичну примену водне хидрауличке пумпе.

Зазор између клипа и цилиндра је примарни извор цурења. Превелики зазор доводи до прекомерног цурења, смањујући запреминску ефикасност пумпе.

У водној хидраулици, контрола цурења је посебно важна јер вода има нижи вискозитет од хидрауличног уља, што је чини склонијом цурењу кроз мале зазоре.

Зазор такође игра улогу у хидродинамичком подмазивању. Мали, контролисан зазор омогућава стварање танког филма воде између клипа и цилиндра, смањујући трење и хабање. Међутим, пошто вода има лоша својства подмазивања, зазор мора бити пажљиво оптимизован да би се спречило прекомерно хабање.

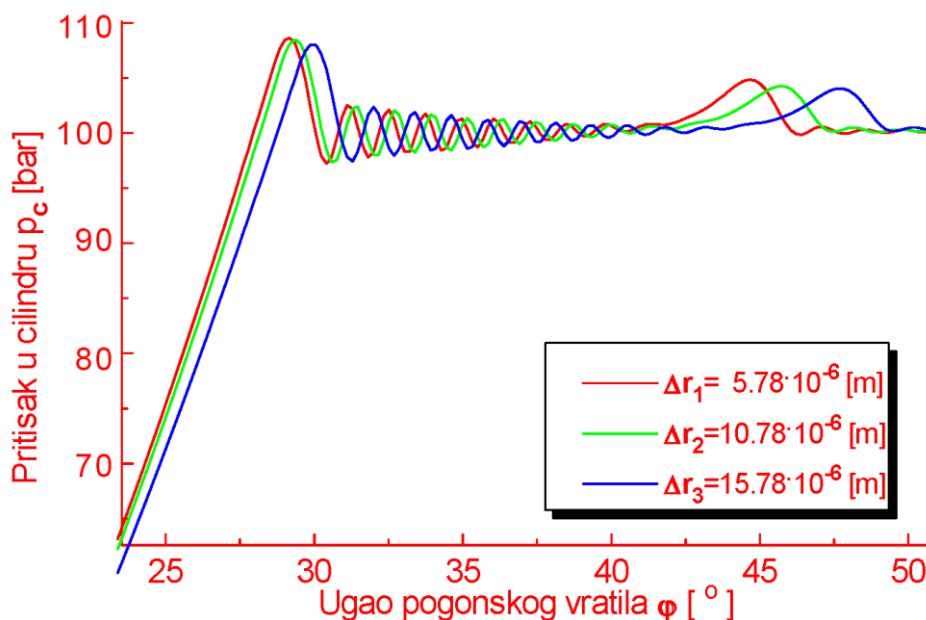
Материјали који се користе за клипове и цилиндри утичу на потребан зазор. Пожељни су материјали са ниским коефицијентом топлотног ширења и високом отпорношћу на хабање. Постизање и одржавање веома прецизних зазора захтева строге производне толеранције.

Спровођењем анализе утврђен је значајан утицај варијације радијалног зазора између клипа и цилиндра на дистрибуцију притиска унутар цилиндра клипне аксијалне пумпе. Радијални зазор Δr , дефинисан као разлика у пречницима цилиндра и клипа, директно утиче на степен заптивања и на ефикасност компресије флуида.

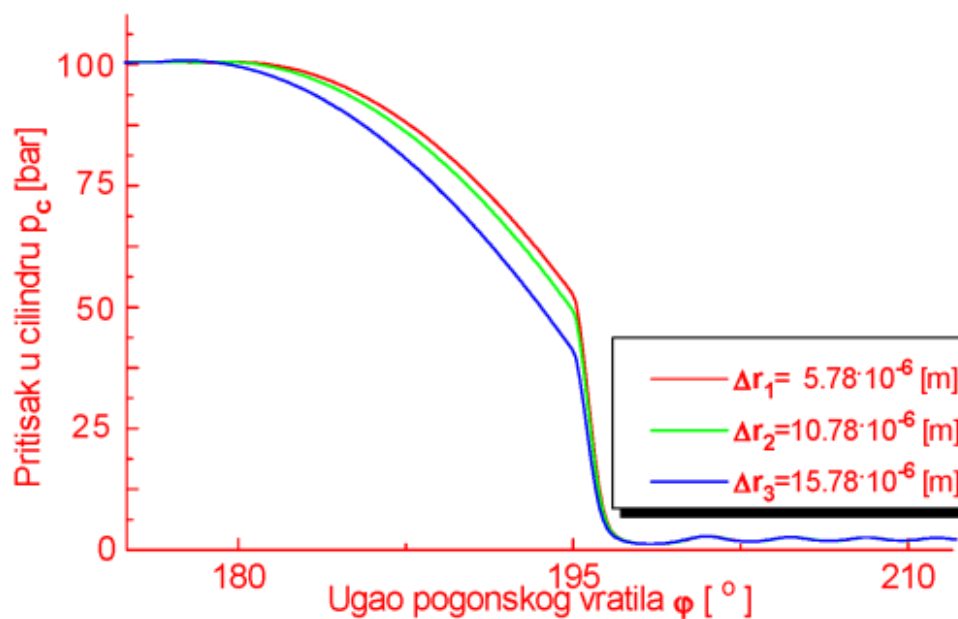
На дијаграмима приказаним на сликама 26. и 27., илустрован је ток притиска у цилиндру за три различите вредности радијалног зазора ($\Delta r_1 = 5.78 \cdot 10^{-6} m$, $\Delta r_2 = 10.78 \cdot 10^{-6} m$, $\Delta r_3 = 15.78 \cdot 10^{-6} m$). Ова визуелизација омогућава сагледавање варијација притиска у функцији промене зазора, пружајући увид у осетљивост система на промене у геометрији клипа и цилиндра. Промена радијалног зазора на ток притиска у цилиндру, утиче тако, што мањим вредностима зазора, одговарају стрмији градијенти пораста (слика 26.) и блажи градијенти пада притиска (слика 27.).

Повећање радијалног зазора доводи до смањења ефикасности компресије, што се манифестује смањењем максималног притиска у цилиндру и повећањем пулзација притиска. Са друге стране, смањење радијалног зазора може довести до повећања трења и хабања између клипа и цилиндра, што такође негативно утиче на карактеристике пумпе. Промена радијалног зазора, на ток притиска у потисној комори, нема битног утицаја (слика 28.).

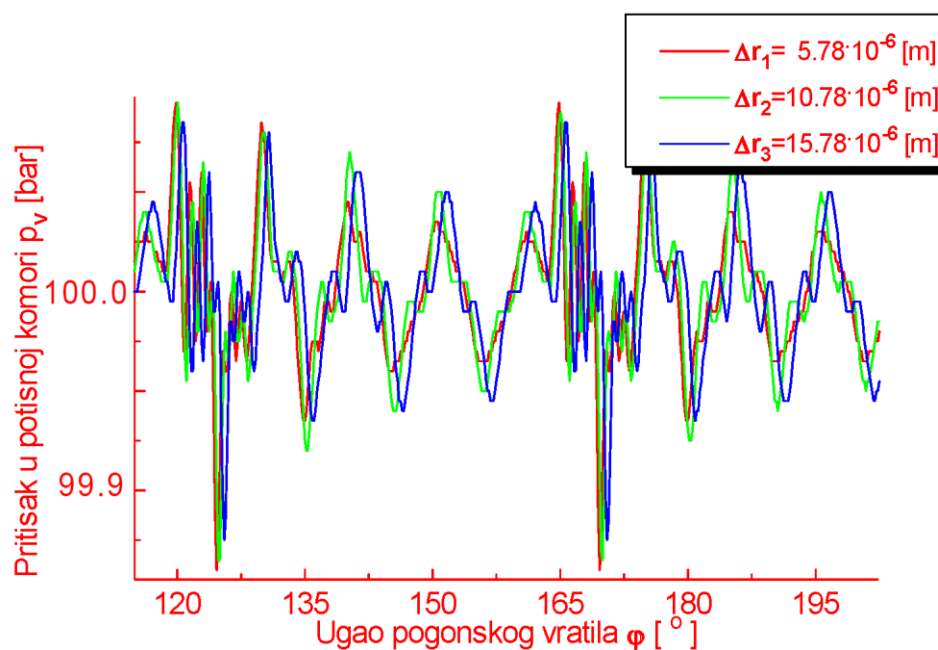
Правилан избор радијалног зазора омогућава смањење пулзација притиска, смањење вибрација и хабања компоненти, повећање ефикасности и продужење радног века пумпе.



Слика 26. Дијаграм тока притиска p_c у цилиндру у зависности од радијалног зазора Δr између клипа и цилиндра



Слика 27. Дијаграм притиска p_c у цилиндру у зависности од радијалног зазора Δr између клипа и цилиндра



Слика 28. Дијаграм притиска p_v у потисној комори у зависности од радијалног зазора Δr између клипа и цилиндра

6.4 Садржај гаса у флуиду

Процентуални садржај гаса у радном флуиду пумпи је кључно питање за одржавање њиховог степена корисности и спречавања оштећења.

Фактори који утичу на садржај гаса:

- Кавитација:

Када притисак у пумпи падне испод притиска паре течности, формирају се мехурићи гаса. Ова појава, позната као кавитација, може озбиљно оштетити пумпу. Ризик од кавитације се повећава са факторима као што су велике угаоне брзине вратила пумпе, ниски улазни притисци и високе температуре флуида.

- Растворени ваздух:

Течности, укључујући воду, природно садрже растворени ваздух. Промене притиска и температуре могу довести до тога да овај растворени ваздух изађе из раствора, формирајући мехуриће гаса.

- Особине течности:

Врста течности која се користи значајно утиче на садржај гаса. Вода и хидрауличка уља имају различите карактеристике растворљивости гаса.

- Ефекти садржаја гаса:

Мехурићи гаса смањују запремину течности и компресибилност, што доводи до смањене ефикасности пумпе.

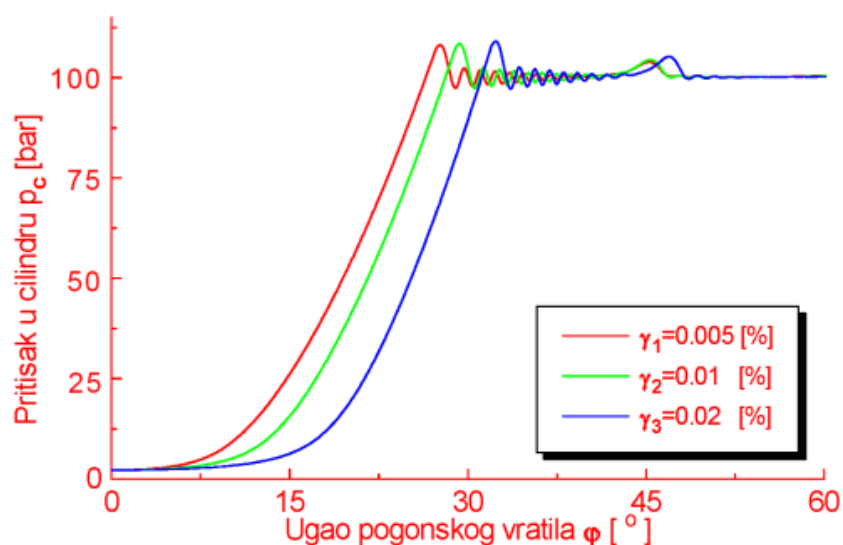
Што се тиче конкретних процентуалних вредности тешко је дати прецизан проценат прихватљивог садржаја гаса, јер он значајно варира у зависности од дизајна пумпе, услова рада и течности која се користи.

Ипак, примарни циљ је смањење садржаја гаса, ради спречавања кавитације и постизања оптималних радних карактеристика пумпе.

У дисертацији, анализиран је садржај гаса у флуиду (слика 29. и 30.) и његов утицај на градијент пораста притиска у цилиндру и потисној комори.

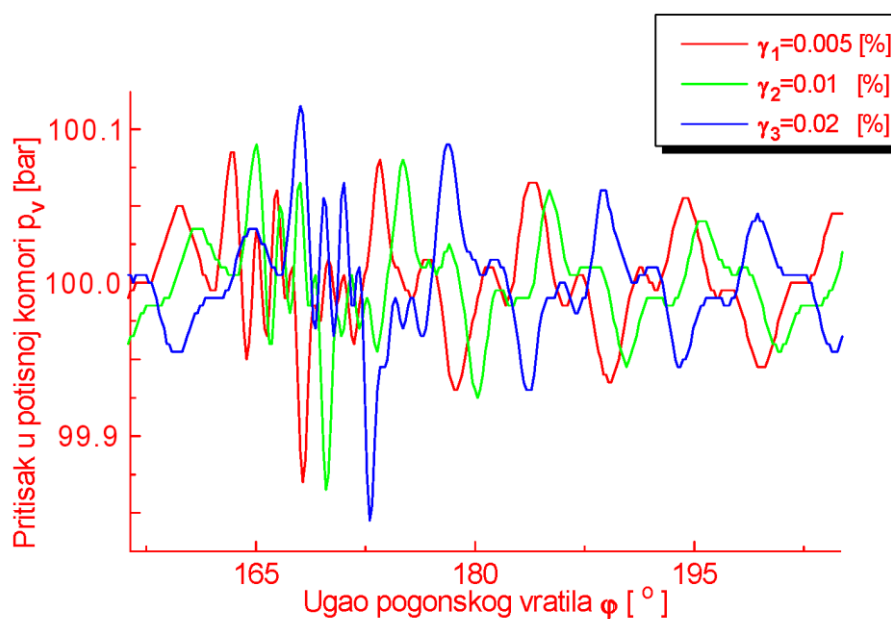
На слици 29. је приказан утицај процентуалног садржаја гаса у радном флуиду $\gamma_1 = 0.005 \%$, $\gamma_2 = 0.01 \%$ и $\gamma_3 = 0.02 \%$, на градијент пораста притиска p_c у цилиндру. Евидентно је да нижим процентуалним учешћима гаса у радном флуиду одговарају стрмији градијенти пораста притиска. Овај феномен указује на то да смањење садржаја гаса у радном флуиду резултира бржим темпом повећања притиска у цилиндру, што се манифестује стрмијим нагибом криве на графику.

На слици 30. је графички илустрована зависност тока притиска у потисној комори од процентуалног садржаја гаса у радном флуиду. Анализа показује да нижим процентуалним учешћима гаса у радном флуиду ($\gamma_1 = 0.005 \%$, $\gamma_2 = 0.01 \%$ и $\gamma_3 = 0.02 \%$) одговарају смањене амплитуде пулзација притиска. Овај феномен указује на то да смањење садржаја гаса у радном флуиду доводи до стабилизације тока притиска у потисној комори, што је од кључног значаја за оптималан рад хидрауличног система. Смањене пулзације притиска смањују вибрације и хабање компоненти, повећавају ефикасност и продужавају радни век система.



Слика 29. Дијаграм градијента пораста притиска p_c у цилиндру у зависности од садржаја гаса γ у радном флуиду

Резултати представљени на дијаграму (слика 30.) указују на пресудну улогу контроле садржаја гаса у радном флуиду у контексту оптимизације радних карактеристика и поузданости хидрауличких компоненти.



Слика 30. Дијаграм притиска p_v у потисној комори у зависности од садржаја гаса γ у радном флуиду

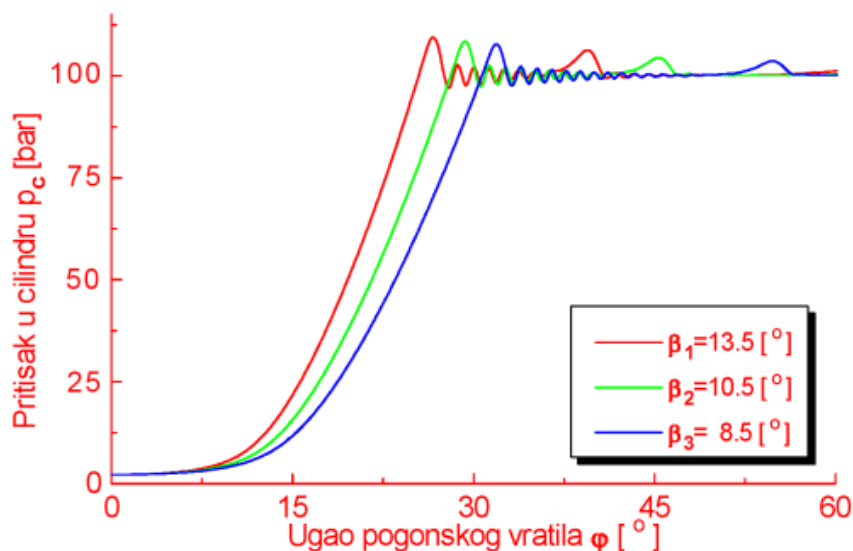
6.5 Угао нагиба косе плоче

Промена угла нагиба β косе плоче клипно аксијалне пумпе директно утиче на брзину пораста и пада притиска у цилиндрима пумпе, што је кључно за њене радне циклусе и карактеристике.

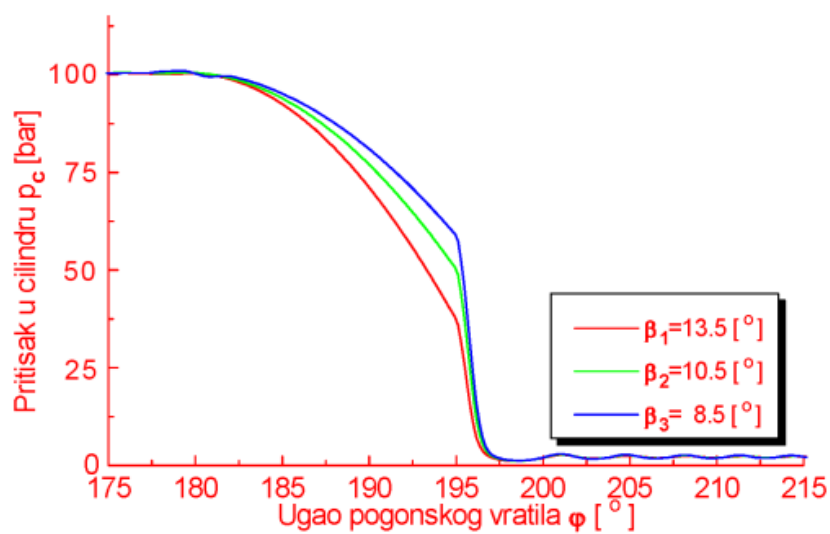
На слици 31. ($\beta_1 = 13.5^\circ$, $\beta_2 = 10.5^\circ$ и $\beta_3 = 8.5^\circ$), можемо уочити да при већем углу нагиба косе плоче, притисак у цилиндрима пумпе брже расте током компресионог хода, што омогућава брже потискивање флуида и повећање протока пумпе.

Истовремено, на слици 32. за вредности угла нагиба ($\beta_1 = 13.5^\circ$, $\beta_2 = 10.5^\circ$ и $\beta_3 = 8.5^\circ$) уочавамо да притисак спорије опада са повећањем угла нагиба плоче. Ова промена брзине пораста и пада притиска је важна за рад пумпе, јер омогућава прецизно контролисање протока и притиска флуида који се потискује. Правилан избор угла нагиба косе плоче је од суштинског значаја за постизање оптималних перформанси пумпе, укључујући ефикасност, проток и притисак.

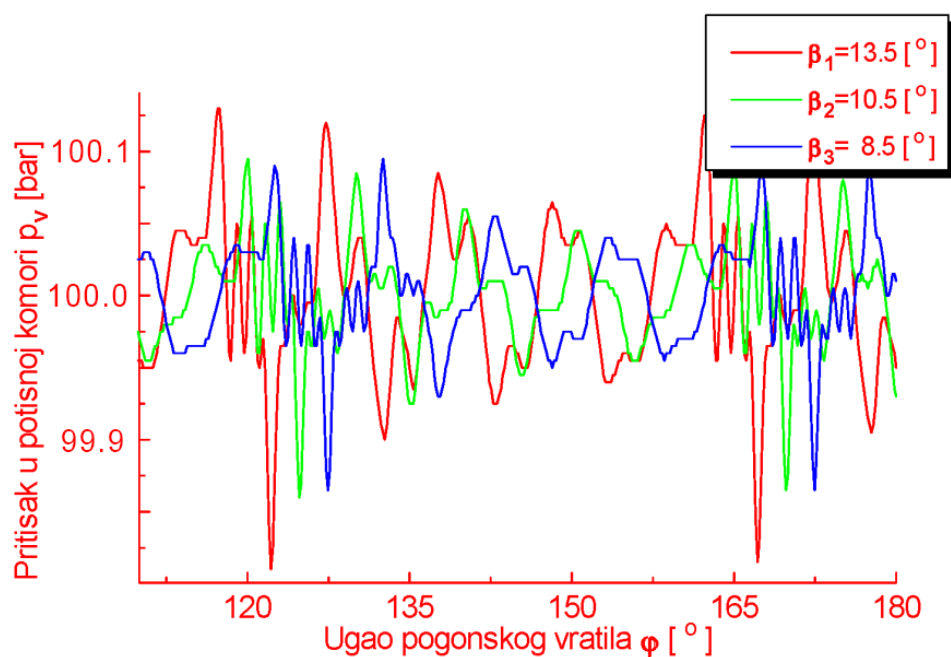
Угао нагиба косе плоче утиче на ток притиска у потисној комори (слика 33.), тако да је при већим вредностима угла ($\beta_1 = 13.5^\circ$, $\beta_2 = 10.5^\circ$ и $\beta_3 = 8.5^\circ$) већа пулзација притиска.



Слика 31. Дијаграм градијента пораста притиска у цилиндру p_c у зависности од угла β нагиба косе плоче



Слика 32. Дијаграм пада притиска у цилиндру p_c у зависности од угла β нагиба косе плоче



Слика 33. Дијаграм притиска у потисној комори p_v у зависности од угла β нагиба косе плоче

6.6 Притисак усисавања

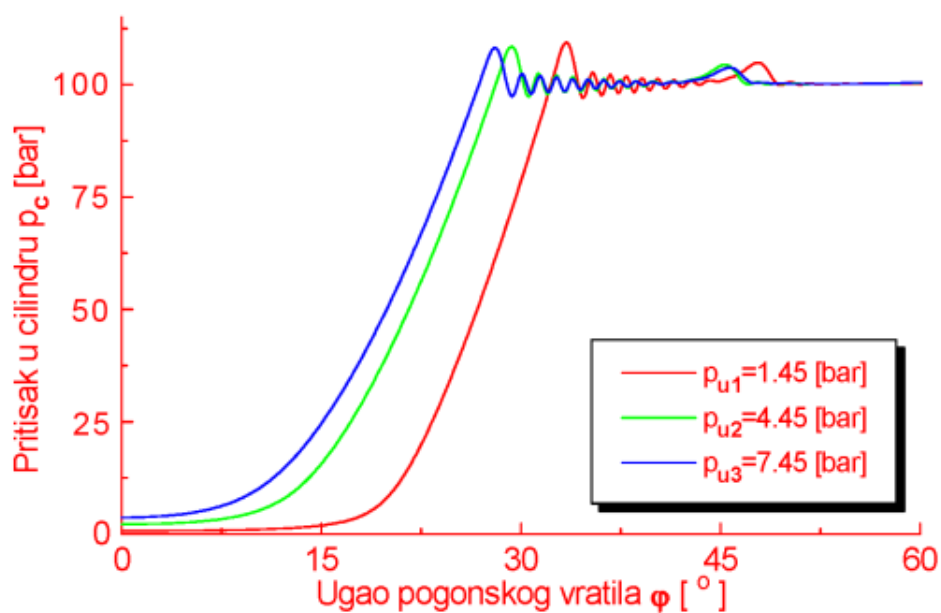
У водној хидраулици, често се препоручује одржавање позитивног усисног притиска. Ово помаже да се обезбеди конзистентан проток воде у пумпу и минимизира ризик од кавитације.

Угаона брзина вратила пумпе, температура воде и конструкција усисног вода играју значајну улогу у одређивању потребног усисног притиска. Препоруке су да је усисни притисак, континуиран, у опсегу од 0.1 до 5 bar.

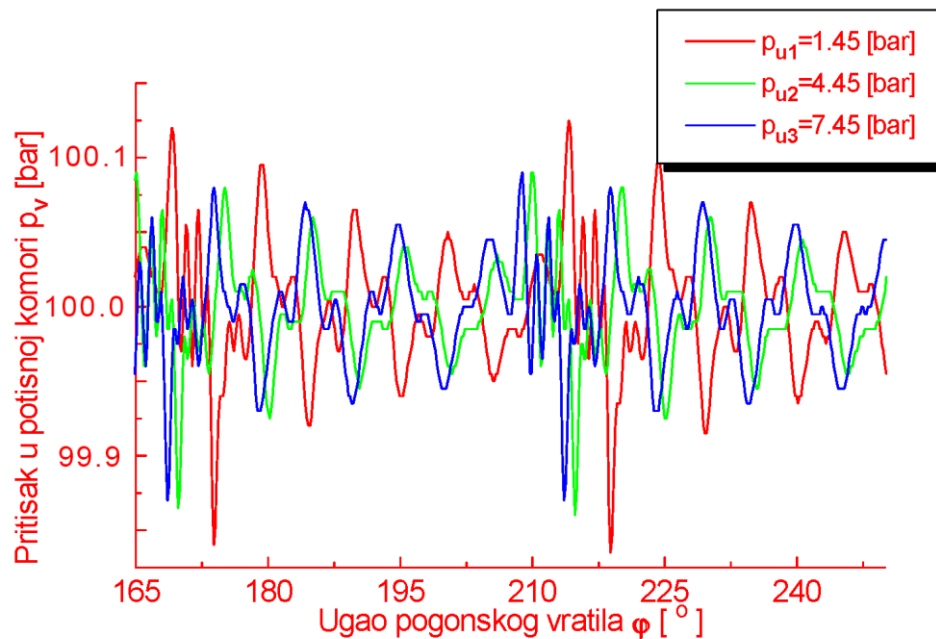
У многим хидрауличким системима, посебно онима који за радни флуид користе воду, уобичајено је видети препоруке за минимални усисни притисак, неопходан за превенцију кавитације. Кавитација, као феномен стварања мехурића паре у течности услед локалног пада притиска испод притиска засићења, може изазвати значајна оштећења на компонентама пумпе и смањење њене ефикасности. Због тога, потребан усисни притисак се повећава са температуром воде, имајући у виду да се притисак засићења воде повећава са температуром.

На основу спроведених симулација и експерименталних испитивања изабраног физичког модела клипне аксијалне пумпе, идентификован је утицај притиска усисавања ($p_{u1} = 1.45$ bar, $p_{u2} = 4.45$ bar, $p_{u3} = 7.45$ bar) на карактеристике пумпе, што је илустровано на слици 34. Ова анализа је омогућила квантитативно сагледавање зависности градијента пораста притиска у цилиндру од притиска усисавања, пружајући увид у оптималне услове рада пумпе.

Поред тога, у оквиру истраживања је анализиран утицај притиска усисавања ($p_{u1} = 1.45$ bar, $p_{u2} = 4.45$ bar, $p_{u3} = 7.45$ bar) на величину пулзација притиска у потисној комори, што је представљено на слици 35. Анализа је показала да су нижи притисци усисавања праћени са повећаним амплитудама пулзација притиска, што указује на смањену стабилност тока флуида у тим условима.



Слика 34. Дијаграм градијента пораста притиска у цилиндру p_c у зависности од притиска усисавања p_u

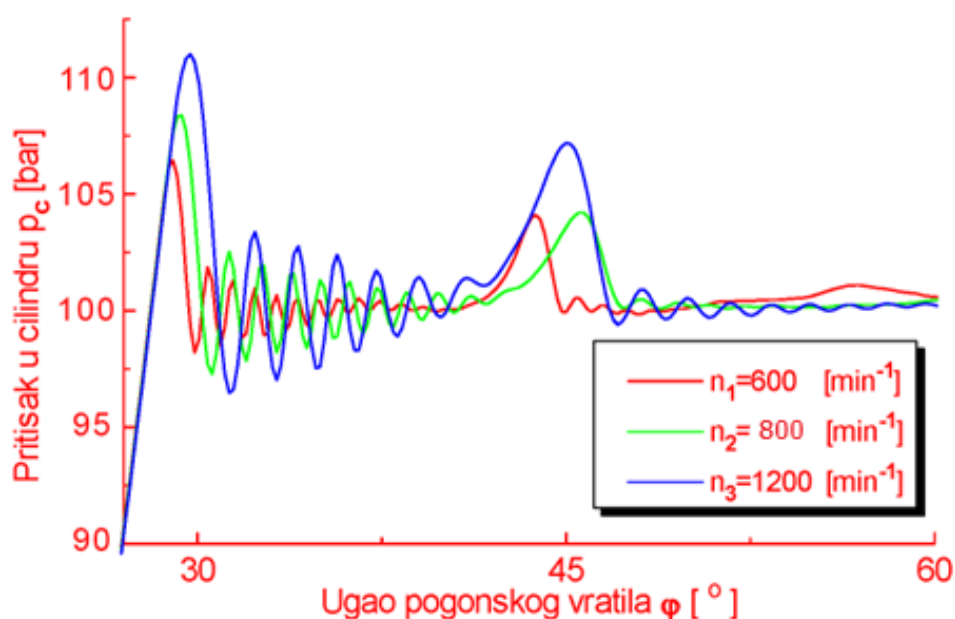


Слика 35. Дијаграм притиска у потисној комори p_v при промени притиска p_u у радном флуиду

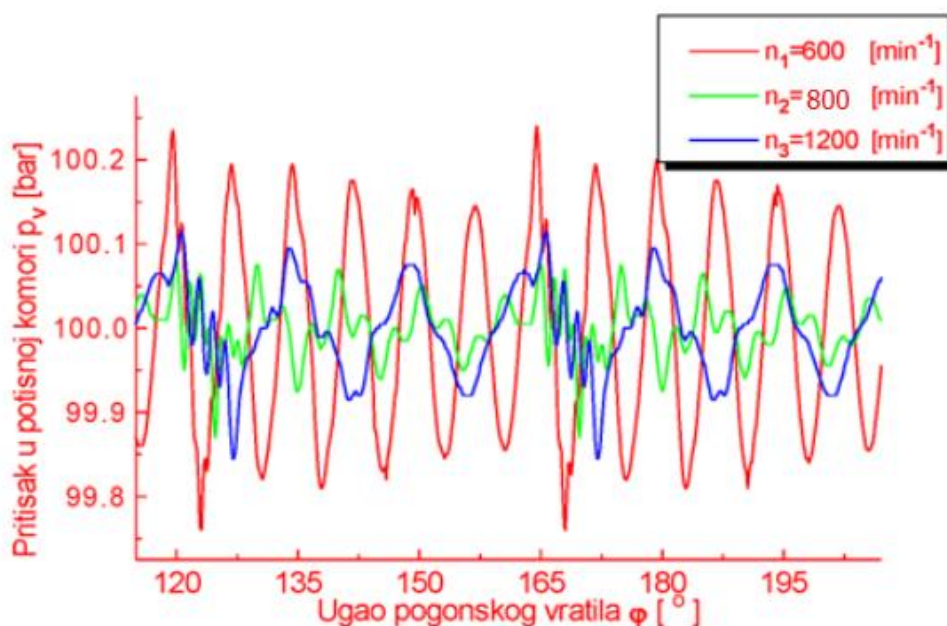
6.7 Угаона брзина погонског вратила

Анализиран је утицај промене угаоне брзине погонског вратила n ($n_1 = 600 \text{ min}^{-1}$, $n_2 = 800 \text{ min}^{-1}$, $n_3 = 1200 \text{ min}^{-1}$) на ток високопритисних пулзација притиска у цилиндру током фазе компресије радног медијума. Резултати, илустровани на слици 36, недвосмислено указују на директну зависност између угаоне брзине и интензитета пулзација. Конкретно, утврђено је да се при вишим вредностима угаоне брзине погонског вратила региструју пулзације притиска знатно веће амплитуде. Ова појава се приписује доминантном утицају динамичких карактеристика радних вентила у наведеној фази циклуса.

Насупрот томе, утицај угаоне брзине погонског вратила n ($n_1 = 600 \text{ min}^{-1}$, $n_2 = 800 \text{ min}^{-1}$, $n_3 = 1200 \text{ min}^{-1}$), на пулзације притиска у потисној комори манифестује се на другачији начин, што је визуелно представљено на слици 37. Анализом података са ове слике запажа се инверзна зависност између угаоне брзине и амплитуде пулзација у потисној комори. Дакле, са повећањем угаоне брзине погонског вратила, амплитуда пулзација притиска у потисној комори показује тенденцију опадања. Овај контрадикторни ефекат у односу на пулзације у цилиндру може се објаснити комплексним интеракцијама протока флуида, инерционих сила. Веће брзине ротације могу довести до ефекта "усредњавања" амплитуда притиска у потисној комори, или до промене у фреквентном садржају пулзација које се манифестују као ниже амплитуде у посматраном опсегу.



Слика 36. Дијаграм пулзација притиска у цилиндру p_c у фази компресије у зависности од угаоне брзине вратила n



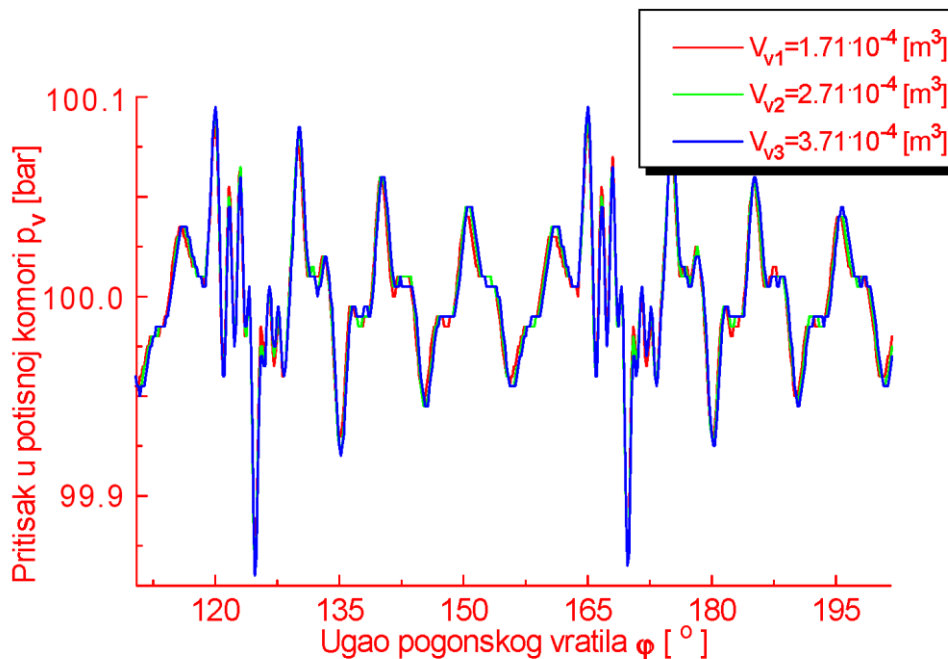
Слика 37. Дијаграм пулзације притиска p_v у потисној комори у зависности од угаоне брзине вратила n

6.8 Промена запремине потисне коморе

Промена запремине потисне коморе V_v ($V_{v1} = 1.71 \cdot 10^{-4} m^3$, $V_{v2} = 2.71 \cdot 10^{-4} m^3$, $V_{v3} = 3.71 \cdot 10^{-4} m^3$) има директан утицај на интензитет пулзација притиска унутар саме коморе. Анализа резултата, визуелно представљених на слици 38., јасно

показује да повећање запремине потисне коморе има утицаја на повећање амплитуде пулзација притиска.

Приликом пројектовања пумпи, потребно је пажљиво размотрити избор запремине потисне коморе у зависности од захтева за стабилношћу притиска. Веће запремине могу бити корисне када је потребно акумулирати већу количину флуида или енергије, али то може доћи по цену повећаних пулзација притиска. У системима где су ниске вибрације и константан притисак од кључног значаја, препоручљиво је користити потисне коморе мање запремине, уз евентуалну примену додатних елемената за пригушивање пулзација, како би се постигао оптималан компромис између перформанси и стабилности система.



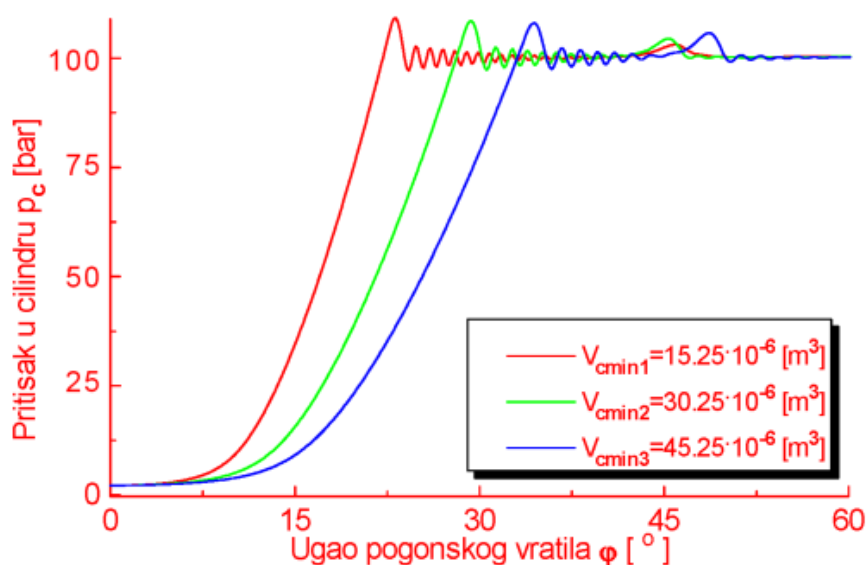
Слика 38. Дијаграм пулзације притиска p_v у потисној комори у зависности од величине запремине V_v потисне коморе

6.9 Промена величине запремине штетног простора

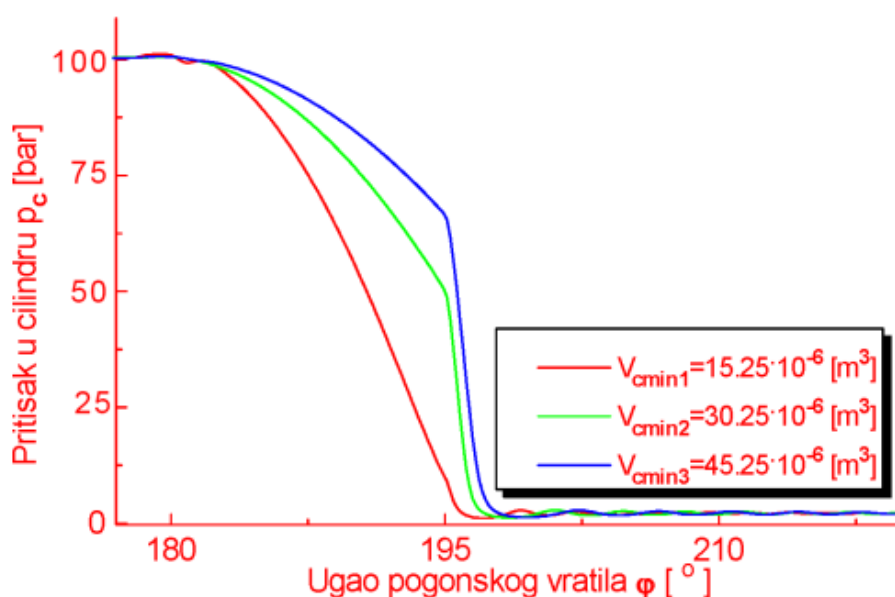
Промена величине запремине штетног простора V_{cmin} значајно утиче на динамику притиска у радном цилиндру ($V_{cmin1} = 15.25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, $V_{cmin2} = 30.25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, $V_{cmin3} = 45.25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$). Анализа дијаграма притиска, илустрованих на сликама 39. и 40., открива да смањење запремине штетног простора резултира стрмијим градијентом пораста притиска током фазе компресије. Ова појава се може објаснити чињеницом да мањи штетни простор омогућава брже достизање максималног притиска у цилиндру за дати ход клипа, јер се мања запремина флуида мора компримовати. Са друге стране, блажи градијент пада притиска, који се такође уочава при мањим вредностима V_{cmin} , указује на спорије ослобађање компримованог флуида током експанзије.

Утицај величине запремине штетног простора на динамику притиска у потисној комори је другачији и приказан је на слици 41. Запажа се да веће вредности запремине штетног простора V_{cmin} ($V_{cmin1} = 15.25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, $V_{cmin2} = 30.25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, $V_{cmin3} =$

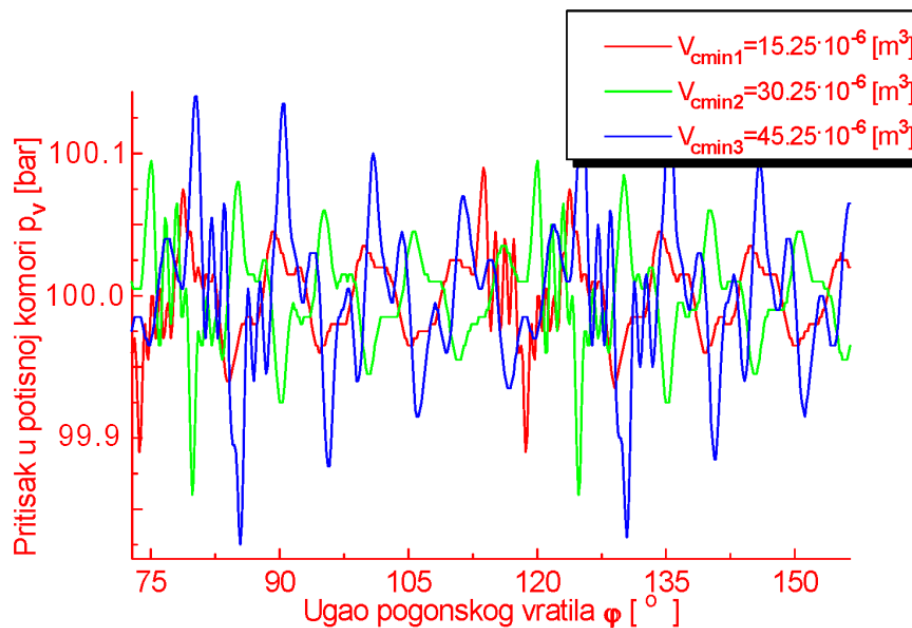
$45.25 \cdot 10^{-6} m^3$) доводе до повећаних пулзација притиска у потисној комори. Овај феномен може бити последица веће количине флуида која се наизменично компримује и експандира у штетном простору. Већи штетни простор може деловати као додатни извор нестабилности у систему, посебно при динамичким оптерећењима и променљивим радним условима, што резултира израженијим пулзацијама. Због тога је оптимизација величине штетног простора кључна за минимизирање нежељених пулзација и обезбеђивање стабилног рада пумпи.



Слика 39. Пораст притисак у цилиндру p_c у зависности од величине запремине штетног простора V_{cmin}



Слика 40. Пад притисак у цилиндру p_c у зависности од величине запремине штетног простора V_{cmin}



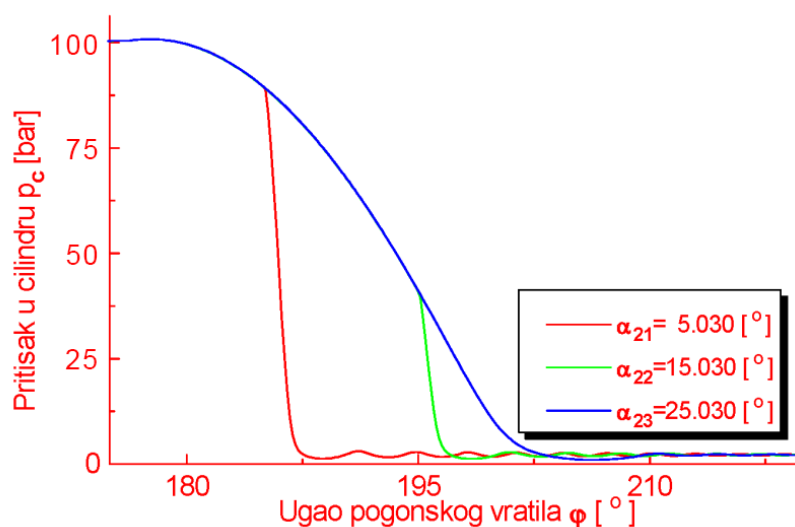
Слика 41. Пораст притисак потисне коморе p_v у зависности од величине запремине штетног простора V_{cmin}

6.10 Угао почетка фазе усисавања

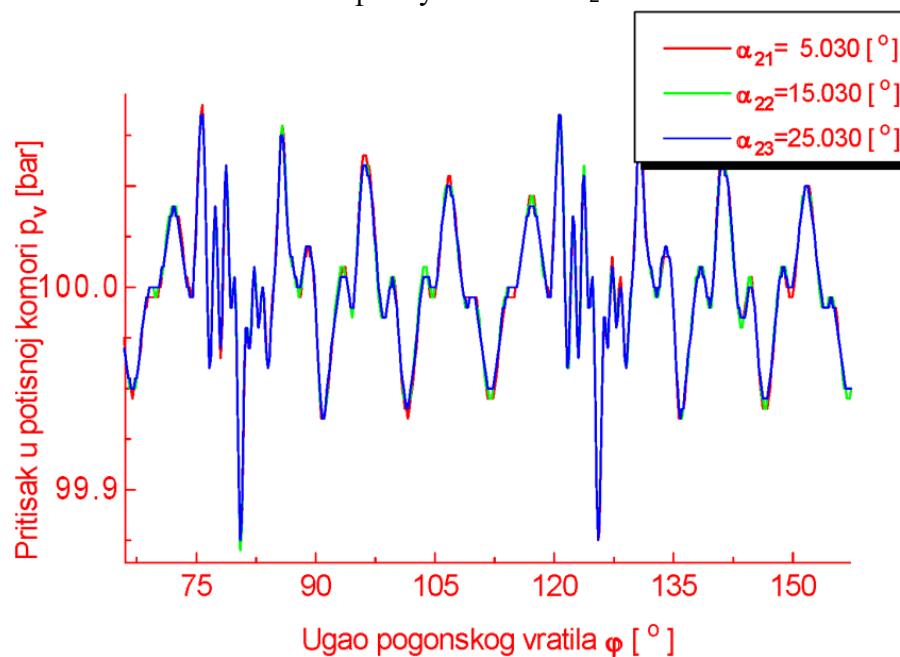
Промена угла почетка фазе усисавања α_2 на ток притиска у цилиндру показана је на слици 42. Уочљив је блажи градијент пада притиска, при већим вредностима угла. Утицај угла почетка фазе усисавања на ток притиска у потисној комори дат је на слици 43.

Промена угла почетка фазе усисавања α_2 ($\alpha_{21} = 5.030^\circ$, $\alpha_{22} = 15.030^\circ$, $\alpha_{23} = 25.030^\circ$) има значајан утицај на карактеристике тока притиска у радном цилиндру, што је јасно илустровано на слици 42. Анализом приказаних кривих притиска уочава се да су веће вредности угла почетка фазе усисавања у вези са блажим градијентом пада притиска у цилиндру. Ова појава сугерише да каснији почетак усисавања доводи до споријег опадања притиска током фазе експанзије. Блажи градијент пада притиска може имати импликације на ефикасност радног циклуса и на оптерећење компоненти система.

Утицај угла почетка фазе усисавања α_2 на ток притиска у потисној комори детаљно је приказан на слици 43.



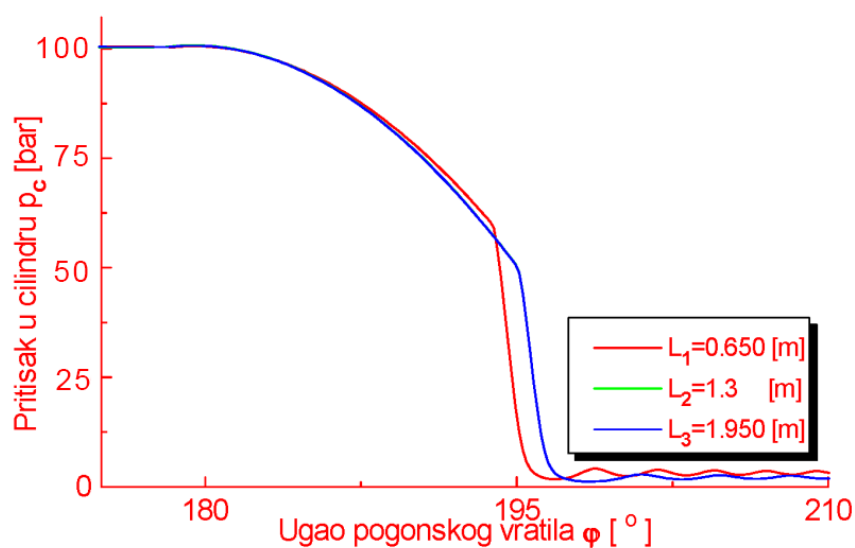
Слика 42. Дијаграм притиска у цилиндру p_c у зависности од промене угла почетка фазе усисавања α_2



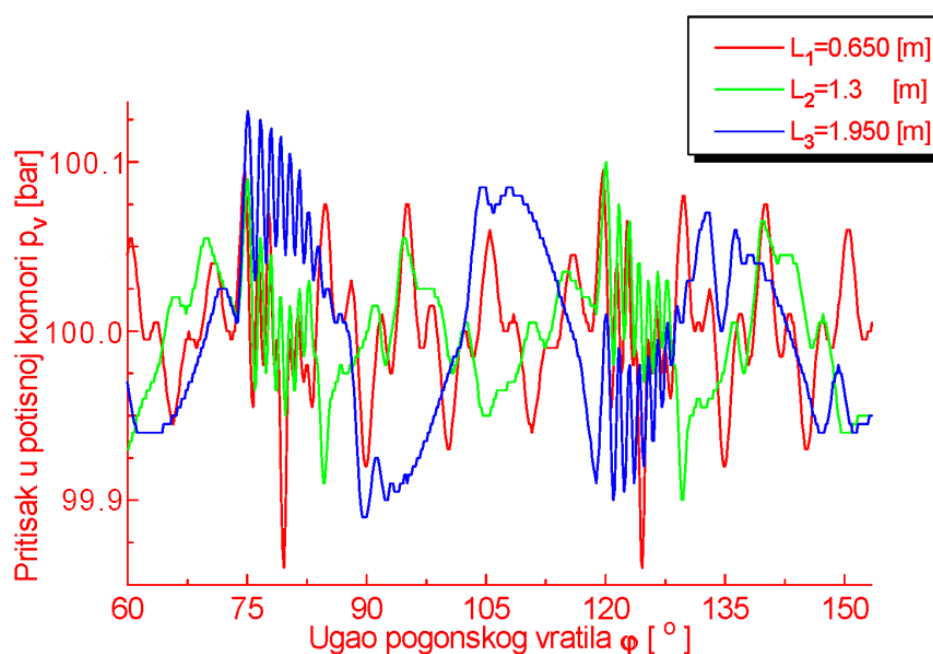
Слика 43. Дијаграм притиска у потисној комори p_v у зависности од промене угла почетка фазе усисавања α_2

6.11 Дужина потисног цевовода

Утицај величине дужине потисног цевовода L ($L_1 = 0.65 \text{ m}$, $L_2 = 1.3 \text{ m}$, $L_3 = 1.95 \text{ m}$), на ток притиска у цилиндру и потисној комори показан је на сликама 44. и 45. Већим дужинама потисног цевовода одговарају блажи градијенти пада притиска у цилиндру и веће пулзације притиска у потисној комори.



Слика 44. Дијаграма пада притисак у цилиндру p_c у зависности од дужине потисног цевовода L

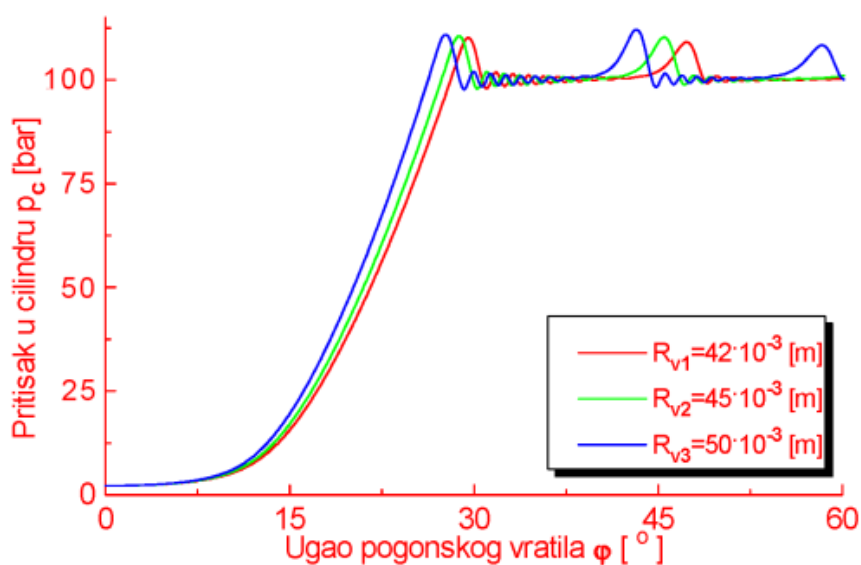


Слика 45. Дијаграм тока притиска у потисној комори p_v у зависности од дужине потисног цевовода L

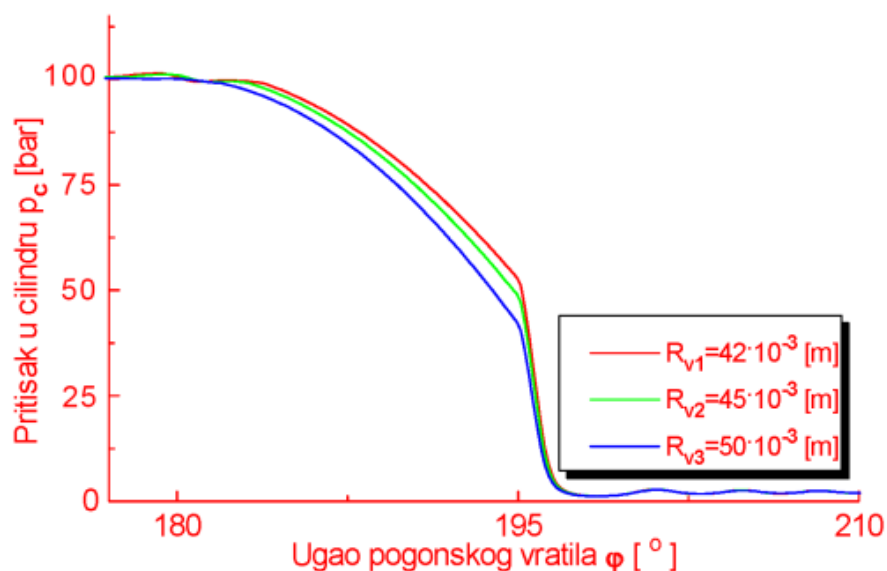
6.12 Полупречник цилиндарског блока

Утицај промене полупречника цилиндарског блока R_v ($R_{v1} = 42 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $R_{v2} = 45 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $R_{v3} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}$), на ток притиска у цилиндру и потисној комори клипно аксијалне пумпе приказан је на сликама 46-48.

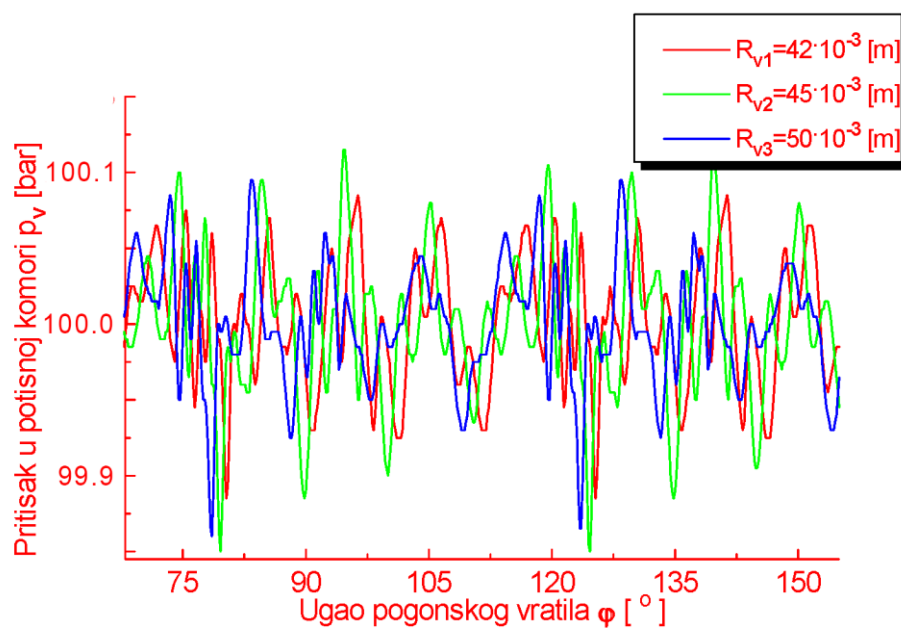
Већим вредностима полупречника одговарају стрмији градијенти пораста притиска и блажи градијенти пада притиска у цилиндру. Утицај полупречника на ток притиска у потисној комори је незнатан [29].



Слика 46. Дијаграм тока притиска у цилиндру p_c у зависности од промене полупречника цилиндарског блока R_v



Слика 47. Дијаграм пада притиска у цилиндру p_c у зависности од промене полупречника цилиндарског блока R_v



Слика 48. Дијаграм притиска у потисној комори p_v у зависности од промене полупречника цилиндарског блока R_v

Утицај осталих параметара клипно-аксијалне пумпе наведених у датотеци AKSIPVH.DAT незнатно утиче на ток притиска у цилиндру и потисној комори а њихове величине су одређене у поступку идентификације параметара.

7 ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Параметре хидродинамичког процеса клипно аксијалне пумпе водне хидраулике (ток притиска, ток усисавања и ток компресије) немогуће је довољно тачно одредити чисто експерименталним путем, а такође ни чисто математичким моделирањем. Довољно тачни параметри могу се добити комбинованом применом мерења тока притиска у цилиндру и математичког моделирања стварног хидродинамичког процеса, при чему се могу истовремено одредити систематске грешке мерења и непознати параметри.

Експериментално испитивање је извршено са деветоцилиндричном клипно-аксијалном пумпом водне хидраулике производње ППТ Наменска Трстеник. За мерење тока притиска у цилиндру, потисној комори и потисном цевоводу изабрани су високофреквентни давачи притиска са мерним тракама. За мерно-аквизициони систем одабрани су ултра-брзи мерни системи QuantumX MX840 и АДС 2000 са 4 А/Д конвертора који раде симултано, модулом за инкрементални давач угла и појачивачима за даваче са мерним тракама.

Реални нестационарни хидродинамички процеси у цилиндру, усисном и потисном простору пумпе са једним цилиндром описани су на основу закона хидродинамике и динамике, системом нелинеарних парцијалних и обичних диференцијалних једначина променљиве структуре. Узети су у обзир: реална геометрија разводних органа, кинематика кретања клипа и стишљивост радног флуида. За моделирање динамике кретања потисног вентила узето је у обзир вискозно трење и реална ограничења, еласто-пластично седиште и еласто-пластични граничник. Пошто добијени систем нелинеарних диференцијалних једначина спада у групу тзв. крутих система који се веома тешко нумерички решавају, развијен је посебан итерациони предиктор-коректор поступак. Комплетан модел је написан у Digital Visual Fortranu 5.0 и практично је примењен.

На основу измереног притиска у цилиндру и потисној комори и вибрација кућишта пумпе у функцији обртног угла погонског вратила пумпе извршена је детаљна анализа хидродинамичких и динамичких процеса пумпе. Веома прецизна мерења су указала да постоји пулзација притиска у цилиндру за време усисавања и сабијања. Хармонијска анализа је показала директан утицај броја цилиндара пумпе на амплитуде притиска у потисној комори, амплитуде вибрација кућишта пумпе и амплитуде угаоне брзине обртања погонског вратила. Показала се тиме и значајна предност хармонијске анализе (Order Analyses) у односу на фреквентну анализу. Мерења ансамбла од 10 узастопних циклуса и статистичка анализа тако измерених сигнала показала је изузетну поновљивост хидродинамичких процеса пумпе. У оквиру статистичке анализе одређена је средња вредност измереног сигнала у функцији обртног угла погонског вратила. Прецизно одређивање функције средње вредности омогућено је мерењем у функцији угла погонског вратила, а не у функцији времена.

На основу извршених испитивања тока притиска у цилиндру и потисном простору пумпе утврђен је утицај броја цилиндара пумпе. Развијен је проширен математички модел и примењен компјутерски програм AKSIPVH за математичко моделирање радног процеса вишецилиндричне клипно-аксијалне пумпе, при чему је узето у обзир да већи број цилиндара може истовремено (са одређеним фазним помаком) да усисава воду из усисног простора и да већи број цилиндара може истовремено (са одређеним фазним помаком) да потискује у потисни простор пумпе.

Радни параметри који су експериментално тестирани и упоређивани са резултатима математичког моделирања су:

1. Притисак (на улазу и излазу из пумпе)

Експериментално измерен је притисак на улазу и излазу пумпе под различитим условима оптерећења и протока. Математичким моделом притисак је дефинисан моделом динамике флуида који узима у обзир компресибилност воде, губитке због трења и динамику вентила. Постоји добра сагласност између измереног и моделираног притиска. Постоје мала одступања због губитака трења или ефеката кавитације, које је теже прецизно моделирати.

2. Проток

Експериментално измерен је проток воде кроз пумпу при различитим радним брзинама и притисцима. Математичким моделом, користећи запремину пумпе, геометрију и брзину клипа одређен је теоријски проток. Моделирани протока се у потпуности подудара са експерименталним резултатима, али може доћи до одступања због цурења, клизања течности или ефеката компресије које модел у потпуности није обухватио.

3. Степен корисности (запремински, механички, укупни)

Експериментално, запремински степен корисности измерен је као однос стварног и теоретског протока, а механички степен корисности као однос излазне и улазне снаге, праћењем улазне снаге, излазне снаге и губитака протока. Математичким моделом, степен корисности је моделиран на основу хидрауличких губитака, трења и фактора цурења. Вредност експерименталног степена корисности била је нешто нижа од теоретских вредности због губитака као што су трење, хабање и цурење заптивке који се често поједностављују или идеализују у математичком моделу.

4. Обртни момент и потрошња енергије

Експериментално, измерен је обртни момент на погонском вратилу и снага коју пумпа троши при различитим оптерећењима и брзинама. Математичким моделом, потрошња енергије и обртни момент су израчунати из притиска, протока и брзине пумпе, узимајући у обзир губитке због трења и хидраулике. Математички модели често претпостављају идеалне услове и могу потценити стварне захтеве за обртним моментом и снагом, посебно у динамичким условима.

5. Нивои вибрација и буке

Експериментално, коришћени су сензори за мерење вибрација и буке у различитим радним условима, као што су различите брзине и оптерећења. Математичким моделом вибрације и бука су моделирани на основу динамике покретних делова, кретања клипа и интеракције флуид-структура. Математички модели су предвидели опште трендове, сложеност феномена вибрација и буке, као што су кавитација, турбуленција и ефекти резонанције што је отежавала потпуно реплицирање експерименталних резултата.

6. Температура и стварање топлоте

Експериментално, мерена је температура компоненти пумпе и хидрауличке течности током дужег рада под различитим оптерећењима. Математичким моделом топлота је предвиђена на основу губитака због трења, вискозности течности и термодинамичких својстава воде. Експериментални резултати, показали су више температуре због немоделираних ефеката попут турбуленције течности или неадекватног хлађења, иако би тренд требало да буде у складу са предвиђањима модела.

7. Цурење (унутрашње и спољашње)

Експериментално, измерене су количину унутрашњег и спољашњег цурења под различитим нивоима притиска. Математичким моделом, цурење је моделирано на основу зазора између покретних делова, ефикасности заптивања и разлика притиска. Унутрашње цурење било је теже моделирати управо због варијабилности толеранција и

хабања у стварним условима, тако да су експериментални резултати често показивали веће цурење од теоријских модела.

8. Ефекти кавитације

Експериментално, праћење кавитације вршено је помоћу сензора притиска да би открили формирање мехурића у зонама ниског притиска. Математичким моделирањем кавитација је предвиђена коришћењем динамичких модела флуида који узимају у обзир промене притиска у течности. Модели предвиђају општа подручја ризика од кавитације, док су експериментални подаци доводили до сложенијих података, пошто је кавитација веома осетљива на микро-услове унутар течности.

9. Динамички одговор на варијације оптерећења

Експериментално, тестирана је реакција пумпе на изненадне промене оптерећења или захтеве притиска (нпр. изненадно отварање или затварање вентила). Математичким моделом укључена је инерција система, динамика вентила и компресибилност флуида. Динамички одговор на варијације оптерећења који предвиђају модели одговарају реалном понашању са малим одступањима због немоделираних ефеката као што су кашњење вентила, инерција флуида или нетачности контроле у реалном времену.

За веома сложено нестационарно струјање радног флуида у усисном и потисном цевоводу клипно-аксијалне пумпе развијен је математички модел на бази једнодимензионалног стишљивог флуида са трећем. При томе је узет у обзир могући садржај раствореног гаса у радном флуиду. За решавање добијеног система нелинеарних парцијалних диференцијалних једначина процеса у цевоводима заједно са нелинеарним обичним диференцијалним једначинама променљиве структуре на границама (у цилиндру, усисном и потисном простору) коришћен је специјални нумерички метод карактеристика за парцијалне једначине и итерациони предиктор-коректор поступак за граничне услове.

На основу коришћења резултата експерименталних истраживања и резултата математичког моделирања уз примену метода нелинеарне оптимизације, развијена је метода идентификације најугицајнијих параметара клипно-аксијалне пумпе за воду.

Извршена је идентификација 15 карактеристичних параметара клипно-аксијалне пумпе за воду и то два параметра која се односе на систематске грешке мерења (коректура нивоа измереног притиска у цилиндру и коректура угла измереног притиска у цилиндру) и 13 параметара који битно утичу на рад клипно-аксијалне пумпе (притисак усисавања, запремина потисног простора, садржај гаса у радном флуиду, радијални зазор клипа у цилиндру, запремина штетног простора, угао почетка фазе усисавања, крутост опруге потисног вентила, маса плочице потисног вентила, коефицијент протока редукционог вентила, константа коефицијента протока усисног разводног органа, константа коефицијента протока усисног разводног органа, константа коефицијента протока потисног разводног органа, константа коефицијента протока потисног разводног органа, коефицијент пригушења потисног вентила, коефицијент губитка на улазу флуида за модел са инерцијом радног флуида, коефицијент губитка на излазу флуида за модел са инерцијом радног флуида, коефицијент губитка услед трења флуида за модел са инерцијом радног флуида, коефицијент губитка услед промене правца за модел са инерцијом радног флуида).

Извршена је оптимизација седам карактеристичних параметара клипно-аксијалне пумпе за воду и то: притиска усисавања, запремине потисне коморе, запремине усисне коморе, теменог полупречника усисног отвора разводне плоче, угла почетка фазе усисавања на разводној плочи, крутости опруге потисног вентила и дужине потисног цевовода у циљу постизања максималног коефицијента испоруке цилиндра.

При коришћењу апликативног софтвера за математичко моделирање, идентификацију и оптимизацију параметара клипно-аксијалних пумпи AKSIPVH,

посебна пажња је посвећена реалној потреби практичног инжињера. У ту сврху коришћен је оригинални графички 2-Д и 3-Д модул за реал-тима апликацију са симултаним приказом и обрадом у 24 прозора високе резолуције. Овде се напомиње, да се у току оптимизације и идентификације параметара клипно-аксијалне пумпе, аутоматски формира и приказује више стотина комплексних 2-Д дијаграма, што омогућава да се при истраживању хидродинамичких процеса у сваком тренутку, ако је то потребно може интервенисати променом улазних података, при чему се мења наредни ток идентификације и оптимизације.

У оквиру наредних истраживања код анализиране клипно-аксијалне пумпе за воду, неопходно је размотрити утицаје струјања радног флуида, кроз зазоре на месту улежиштења сферне главе клипа и лежишта на косој плочи и у том смислу проширити математички модел. Такође су могућа истраживања пулзација при сабијању и усисавању у области анализе буке и шума при раду клипно-аксијалних пумпи, на бази идентификованих параметара и извршити упоређење са већ познатим резултатима испитивања.

Коришћењем софтвера AKSIPVH за математичко моделирање, идентификацију и оптимизацију клипно-аксијалних пумпи, омогућава, да се у даљем истраживању хидродинамичких процеса развију читаве фамилије пумпи са анализом предности и недостатака клипно-аксијалних пумпи за воду са фиксним и променљивим протоком.

Даљи правци истраживања могући су код конструкција клипно-аксијалних пумпи са нагнутим цилиндарским блоком и развођењем радног флуида помоћу разводне плоче. Математички модел би у том случају био проширен са динамиком цилиндарског блока и хидродинамичким процесима у зазору између цилиндарског блока и разводне плоче.

Коначно, развијени математички модел, уз коришћење основних апликативних софтвера, из библиотеке програма система АДС 2000, омогућава даља истраживања у области развоја различитих конструкција хидрауличких пумпи.

Развој клипно аксијалних пумпи у водној хидраулици могућ је у неколико кључних области пошто индустрије захтевају еколошки прихватљивија и ефикаснија решења. Вода је корозивнија од традиционалних хидрауличких течности, тако да ће се напредни материјали попут керамике, нерђајућег челика и специјализованих полимера све више користити у аксијалним клипним пумпама како би се повећала издржљивост. Иновације у премазима и површинској обради помоћи ће побољшању отпорности на хабање, смањењу корозије и продужити животни век пумпи у водним хидрауличким системима. Будуће аксијалне клипне пумпе за водну хидраулику ће вероватно имати побољшан степен корисности кроз префињеност динамике клипа, времена вентила и дизајна унутрашњег протока. Ово ће довести до мање потрошње енергије и смањених губитака током рада, чинећи их конкурентнијим системима на бази уља.

Развој у контроли променљивог протока и паметна хидраулична кола оптимизоваће употребу енергије под различитим условима оптерећења. Очекује се да ће интеграција паметних сензора у клипно аксијалне пумпе побољшати праћење параметара у реалном времену као што су притисак, проток, вибрације и температура. Системи за предвиђање одржавања засновани на анализи података помоћи ће у спречавању кварова, смањењу застоја и продужити век пумпе. Овај развој ће повећати поузданост и смањити оперативне трошкове.

Како се еколошки прописи поштрљавају, све више индустрија ће усвојити водну хидраулику. Аксијалне клипне пумпе могу наћи све већу примену у пољопривреди, медицинској технологији и секторима обновљивих извора енергије, као што је енергија ветра, где су контаминација уљем или опасност од пожара неприхватљива. Такође могу постојати иновације које чине хидраулику воде одрживом у мобилним апликацијама, као што су тешке машине и грађевинска возила.

Истраживање и развој ће се фокусирати на померање граница притиска водне хидраулике. Тренутне аксијалне клипне пумпе за системе на бази воде се обично користе при нижим притисцима од пумпи на бази уља, али напредак у материјалима и дизајну ће омогућити рад на вишим притисцима, проширујући њихову применљивост у индустријама које захтевају робусне системе високог притиска.

Тренд ка компактним, лаганим конструкцијама биће од кључног значаја за примену где је простор ограничен, као што је ваздухопловство или мобилна опрема. Минијатуризација аксијалних клипних пумпи без жртвовања перформанси или способности притиска могла би довести до њиховог усвајања у прецизној роботичкој и преносивим хидрауличким алатима.

Како водна хидраулика расте у популарности, биће уложени напори да се успоставе глобални стандарди и прописи који регулишу њихову употребу. Ово ће осигурати компатибилност, сигурност и перформансе у различитим индустријама, подстићући шире усвајање аксијалних клипних пумпи у системима на бази воде.

Напредовањем у овим областима, аксијалне клипне пумпе у водној хидраулици ће вероватно постати ефикасније, поузданије и применљиве у ширем спектру индустрија и случајева употребе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елаборат научно истраживачког пројекта „Развој методологије прорачуна аксијалних клипних пумпи и мотора за хидростатички пренос снаге“, Републички фонд за технолошки развој, период 1991-93. године, руководилац пројекта проф.др Радован Славковић, Машински факултет Крагујевац.
2. Елаборат научно истраживачког пројекта - Евиденциони број 1.5.1208, „Експериментално истраживање и математичко моделирање клипно-аксијалних пумпи“, Финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Хидраулика Трстеник у периоду 1996 до 1997. године, руководилац пројекта проф.др Раде Јанков, Машински факултет Београд.
3. Елаборат научно истраживачког пројекта Евиденциони број МИС. 3.07.0090.А, „Развој методологија и софтвера за пројектовање, симулацију и оптимизацију радијално-клипних пумпи“, финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Хидраулика Трстеник Министарство за науку, технологије и развој, у периоду 2002-2004. године, руководилац пројекта доц.др Радован Петровић, Машински факултет Краљево.
4. Елаборат научно истраживачког пројекта; Евиденциони број ТР 6371А, „Развој методологија и софтвера за пројектовање, симулацију и оптимизацију крилних пумпи“, област: Инжењерски софтвер, Финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Наменска Трстеник Министарство за науку, технологије и развој, у периоду 2005-2007. године, руководилац пројекта др Радован Петровић ванредни професор, Машински факултет Краљево.
5. Елаборат научно истраживачког пројекта Евиденциони број ТР 12001, „Развој методологија и софтвера за пројектовање, симулацију и оптимизацију хидрауличких цилиндара великих габарита“ област: Инжењерски софтвер, Финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Цилиндри Трстеник Министарство за науку, за период 2008-2011. године, руководилац пројекта др Радован Петровић ванредни професор, Машински факултет Краљево
6. Елаборат научно истраживачког пројекта, Евиденциони број ТР 32036, „Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема“, област Машинство, Финансиран од стране Министарства за науку и технологију Републике Србије и суфинансиран од ППТ Наменска Трстеник, руководилац пројекта др Мирослав Живковић, Машински факултет Крагујевац.
7. Vacca, A., Franzoni, G., *Hydraulic Fluid Power: Fundamentals, Applications, and Circuit Design*, Wiley, 2021.
8. Akers, A., Gassman, M., Smith, R., *Hydraulic Power System Analysis (1st ed.)*, CRC Press, <https://doi.org/10.1201/9781420014587>, 2006.
9. Manrig, N., *Fluid Power Pumps and Motors: Analysis, Design and Control (1st ed)*, McGraw Hill, 2013.
10. Merritt, E., H., *Hydraulic Control Systems*, John Wiley & Sonse, 1967.
11. Trostmann, E., Frolund, B., Olesen, B., Hilbrecht, B., *Tap Water as Hydraulic Pressure Medium*, Marcel Dekker, New York, 2001.
12. Matthies, H., J., Renius, K., T., *Einführung in die Ölhydraulik*, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.

13. Bergada, J., Kumar, S., Watton, J., *Axial Piston Pumps, New Trends and Development*, Nova Science USA, 2012.
14. Kärnell, S., *The history and future of fluid power pumps and motors*, Proceedings of the 6th Workshop on Innovative Engineering for Fluid Power – WIEFP 2022, São Paulo, Brazil, 2022.
15. Ivantysyn, J., Ivantysynova, M., *Hydrostatic Pumps and Motors: Principles, Design, Performance, Modelling Analysis, Control and Testing*; Akademia Books International: New Delhi, India, ISBN 8185522162, 2001.
16. Yang, H., Pan, M., *Engineering research in fluid power: a review*, J. Zhejiang Univ. Sci., 16, pp. 427–442, <https://doi.org/10.1631/jzus.A1500042>, 2015.
17. Обровић, Б., Савић, С., *Хидраулика (Основи)*, Машински факултет у Крагујевцу, ИСБН 86-80581-75-5, Крагујевац, 2005.
18. Обровић, Б., Петровић, Р., Савић, С., *Динамика вискозног флуида-виши курс*, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, ИСБН 978-86-6335-024-3, Крагујевац, 2015.
19. Гордић, Д., *Пренос снаге флуидом – хидраулика (теоријски основи, математички модели, решени примери)*, Машински факултет у Крагујевцу, ISBN 9788686663153, 2007.
20. Petrović, R., *Mathematical Modeling and Experimental Research of Characteristic Parameters Hydrodynamic Processes of a Piston Axial Pump*, Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, 55, pp. 222-229, 2009.
21. Stamenković, Ž, Nikodijević, D., Blagojević, B, Savić, S., *MHD flow and heat transfer of two immiscible fluids between moving plates*, Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering, Vol.34, No.3-4, pp. 351-372, ISSN 0315-8977, 2010.
22. Петровић, Р., *Математичко моделирање и идентификација параметара клипно аксијалних пумпи*, Докторска дисертација, Машински факултет Београд, Универзитет у Београду, 1999.
23. Gordić, D., Jovičić, N., Babić, M., *Modelling of a Spool Position Feedback Servovalves*, The International Journal of Fluid Power, Vol.5, No.1, pp. 37-50, ISSN 1439-9776, 2004.
24. Гордић, Д., Бабић, М., Јовичић, Н., Шуштершич, В., *Примена рачунара у технологији преноса снаге флуидом*, Техника-Машинство, Vol.54, No.2, pp. 1-10, ISSN 0461-2531, 2005
25. Banaszek, A., *The influence of liquid cargo viscosity on discharge rate of hydraulic submerged cargo pumps used in transport at sea*, Archives of Transport, no. 4, pp. 25-32, 2006.
26. Banaszek, A., *Hydraulic drive of cargo pumps on product and chemical tankers*, (in Polish), Przegląd Mechaniczny, (Mechanical Review), no. 1, pp. 37-41, ISSN 0033-2259, 2006.
27. Wang, S., Tomovic, M., Han, L., *Performance degradation based on mixed wear theory of aviation hydraulic piston pump*, 15th International Conference on Tribology – Serbiatrib '17, Kragujevac, 2015.
28. Guo, S., Chen, J., Lu, Y., Wang, Y., Dong, H., *Hydraulic piston pump in civil aircraft: Current status, future directions and critical technologies*, Chinese Journal of Aeronautics, 33, 1, pp. 16-30, ISSN 1000-9361, 2020.
29. Петровић, Р., *Математичко моделирање и експериментално испитивање процеса у клипно аксијалним пумпама*, Друштво за интегритет и век конструкција Београд, 2014.
30. Nafz, T., Murrenhoff, H., Rudik, R., *Noise reduction of hydraulic systems by axial piston pumps with variable reversing valves*, Proceedings of the 8th International Fluid Power Conference, Dresden, Germany, pp. 1-12, 2012.

31. Ericson, L., *On fluid power pump and motor design - tools for noise reduction*, Linköping University, Linköping, Sweden, 2011.
32. Seeniraj, G., K., Ivanysynova, M., *Noise reduction in axial piston machines based on multi-parameter optimization*, Proceedings of the 4th FPNI, Sarasota, Florida, USA, pp. 235–246, 2006.
33. Ye, S.,G., Zhang, J.,H., Xu, B., *Noise Reduction of an Axial Piston Pump by Valve Plate Optimization*, Chin. J. Mech. Eng. 31, 57, <https://doi.org/10.1186/s10033-018-0258-x>, 2018.
34. Xu, B., Hu, M., Zhang, Jh. et al. *Characteristics of volumetric losses and efficiency of axial piston pump with respect to displacement conditions*, J. Zhejiang Univ. Sci. A 17, pp. 186–201, <https://doi.org/10.1631/jzus.A1500197>, 2016.
35. Krutz,G., W., Chua, P.,S.,K., *Water Hydraulics -Theory and Applications 2004*, Water Hydraulics, Agricultural Equipment Technology Conference (AETC '04), February 8-10, Louisville, Kentucky, 2004.
36. Trostmann,E., *Water hydraulic control technology*, Marcel Dekker, Inc., ISBN0-8247-9680-2, 1996.
37. Conrad, F., *Trends in design of water hydraulics motion control and open-ended solutions*, 6th JFPS International Symposium on Fluid Power, Tsukuba, 2005.
38. Bech,T., Olsen,S., Klit,P., *Design of Pumps for Water Hydraulic Systems*, 6thScandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'99, Tampere, Finland,1999.
39. Riipinen, H., *Life in the water hydraulics system*. PhD dissertation. Tampere University of Technology. Tampere University of Technology Publications, 2008.
40. Todić, N., Savić, S., Jovanović, S., Djordjević, Z., *Research of water hydraulic components and systems from aspects of quality of life*, 9th International Scientific Conference - IRMES 2019, Kragujevac, pp. 94-95, ISBN 978-86-6335-061-8, 2019.
41. Todić, N., Savić, S., Gordić, D., *Development and design of water hydraulics components*, 2. International Conference on Quality of Life, Kragujevac, pp. 175-180, ISBN 978-86-6335-043-4, 2017.
42. Koskinen, K.,T., Leino, T., Riipinen, H, *Sustainable Development with Water Hydraulics-Possibilities and Challenges*. 7th JFPS International Symposium on Fluid Power, Toyama, 2008.
43. Todić N., Vulović S., Petrović R., Vujović I., Savić S., *Sustainable development of agriculture techniques using water hydraulic components*, Traktori i pogonske mašine, Vol.23, No.1/2, pp. 71-77, ISSN 0354-9496, 2018.
44. Todić, N., Savić, S., Gordić, D., Šušteršič, V., *Saving energy and sustainable development with water hydraulic components and systems– opportunities, challenges and objectives*, Energija, ekonomija, ekologija, Vol.20, No.1-2, pp. 415-420, ISSN 03540-8651, 2018.
45. Todić, N., Savić, S., Gordić, D., Petrović, R., *Experimental Research of the Hydrodynamic Processes of an Axial Piston Water Hydraulic Pump*, MACHINES, Vol.10, No.9, ISSN 2075-1702, Doi <https://doi.org/10.3390/machines10090728>, 2022.
46. Li, Z.,Y., Yu, Z.,Y., He, X., F., Yang, S.,D., *The development and perspective of water hydraulics*, Fluid Power, Forth JHPS International Symposium, ISBN4-931070-04-3, 1999.
47. Backe, W., *Water - or oil-hydraulics in the future*, 6th Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'99, Tampere, Finland, 1999.
48. Urata, E., *Technological aspects of the new water hydraulics*, 6thScandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'99, Tampere, Finland, 1999.
49. Vilenius, M., Koskinen, K., T., Lakkonen, M., *Water hydraulics motion control-possibilities and challenges*, Proceedings of the JFPS International symposium on Fluid Power, 2002.

50. Majdič, F., Pezdirnik, J., Kalin, M., *An analytical comparison of hydraulic systems based on water and on oil*, Proceedings of the 7th JFPS International Symposium on Fluid Power, Toyama, Japan, 2008.
51. Majdič, F., Pezdirnik, J., Kalin, M., *Experimental validation of the lifetime performance of a proportional 4/3 hydraulic valve operating in water*, Tribology International 2011, 44, pp. 2013-2021, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2011.08.020>, 2011.
52. Majdič, F., *Research on the water hydraulic pressure relief valve*, International conference FLUID POWER 2021, Maribor, Slovenia, 2021.
53. Strmčnik, E., Majdič, F., *Comparison of leakage level in water and oil hydraulics*, Advances in Mechanical Engineering, 9, pp. 1-12, doi:10.1177/1687814017737723, 2017.
54. Rydberg, K., E., *New Materials and Component Design – Key Factors for Water Hydraulic Systems*, SAE Transactions, 111, pp. 154–161, <http://www.jstor.org/stable/44718531>, 2001.
55. Rydberg, K., E., *Energy Efficient Water Hydraulic Systems*, The Fifth International Conference on Fluid Power Transmission and Control, HangZhou, China, pp. 440-446, 2001.
56. Dong, W., *Research on Key Problems in Water Hydraulic Piston Pump and its Experiment*, Proc. of 4th FPNI-PhD Symp. Sarasota, pp. 171-179, 2006.
57. Takashima, M., *Development of High Performance Components for Pollution Free Water Hydraulic System*, Third JHPS Int Symp on Fluid Power, Yokohama'96, pp. 465-471, 1996.
58. Brookes, C., A., Fagan, M., J., James, R., D., Kerry, P., McConnachie, J., *The development of water hydraulic pumps using advanced engineering ceramics*, 4th Scandinavian International Conference on Fluid Power, Tampere, Finland, 1995.
59. Rokala, M., *Analysis of Slipper Structures in Water Hydraulic Axial Piston Pumps*, PhD Dissertation, Tampere University of Technology, 2012.
60. Jiao, S., Zhou, H., Yang, H., Gong, G., *Investigation on materials for friction pairs in water hydraulic piston pump*, The Eight Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'03, Tampere, Finland, 2003.
61. Schuhler, G., Jourani, A., Bouvier, S., Perrochat, J., M., *Multi technical analysis of wear mechanisms in axial piston pumps*, 6th International Conference on Fracture Fatigue and Wear, Porto, Portugal, 2017.
62. Jourani, A., Hagege, B., Bouvier, S., Bigerelle, M., Zahouani, H., *Influence of abrasive grain geometry on friction coefficient and wear rate in belt finishing*, Tribology International, 59, pp. 30-37, 2013.
63. Yang, H., Yang, J., Zhou, H., *Research on materials of piston and cylinder of water hydraulic pump*, Industrial Lubrication and Tribology, Volume 55, Number 1, pp. 38-43, 2003.
64. Songlin, N., Ming, G., Fanglong, Y., Hui, J., Zhonghai, M., Zhen, H., Xin, Z., *Research on fluid-structure interaction for piston/cylinder tribopair of seawater hydraulic axial piston pump in deep-sea environment*, Ocean Engineering, 219, pp. 108222, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108222>, 2019.
65. Qun, C., Junhui, Z., Bing, X., Qiannan, W., Hsinpu, H., *Test rigs and experimental studies of the slipper bearing in axial piston pumps*, Measurement, 132, pp. 135-149, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.09.027>, 2019.
66. Wiecek, U., Ivantysynova, M., *Computer Aided Optimization of Bearing and Sealing Gaps in Hydrostatic Machines – the Simulation Tool CASPAR*, International Journal of Fluid Power, 3, No. 1 pp. 7-20, 2002.

67. Bergada, J., M., Watton, J., A., *Direct leakage flow rate calculation method for axial pump grooved pistons and slippers, and its evaluation for a fluid application*, 5th JFPS international Symposium on fluid power, Nara, Japan, 2002.
68. Bergada, J., M., Watton, J., A., *A new approach towards the understanding of the flow in small clearances applicable to hydraulic pump pistons with pressure balancing grooves*, 7th International Symposium on Fluid Control, Measurement and Visualization, Sorrento, Italy, 2003.
69. Yin, F., Nie, S., Zhang, Z., Zhang, X., *Research on the sliding bearing pair of water hydraulic axial piston pump*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 227(9), pp. 2049-2063, doi:10.1177/0954406212470364, 2013.
70. Tang, Q., G., Chen, J., T., Liu, L., P., *Tribological behaviors of carbon fibre reinforced PEEK sliding on silicon nitride lubricated with water*, Wear, 269 (7–8), pp. 541–546, 2010.
71. Prehn, R., Hauptert, F., Friedrich, K., *Sliding wear performance of polymer composites under abrasive and water lubricated conditions for pump applications*, Wear, 259 (1–6), pp. 693–696, 2005.
72. Koike, H., Kida, K., Santos, E., C., et al., *Self-lubrication of PEEK polymer bearings in rolling contact fatigue under radial loads*. Tribol Int, 49, pp. 30–38, 2012.
73. Rokala, M., Koskinen, K., T., *The effect of PV-rate on PEEK-made Slipper behaviour in water hydraulic axial piston unit*, The Twelfth Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'11, Tampere, Finland, 2011.
74. Rämö, J., Hyvönen, M., Mäntylä, T., Koskinen, K., T., Vilenius, M., *Wear resistance of materials in water hydraulics*, The Sixth Scandinavian International Conference on Fluid Power, Proceedings of the Conference, Tampere, Finland, 1999.
75. Rizzo, G., Massarotti, G., P., Bonanno, A., Paoluzzi, R., Raimondo, M., Blosi, M., Veronesi, F., Caldarelli, A., Guarini, G., *Axial piston pumps slippers with nanocoated surfaces to reduce friction*, International Journal of Fluid Power, 16:1, pp. 1-10, DOI: 10.1080/14399776.2015.1006979, 2015.
76. Jiang, J., Wang, Z., *Optimization and influence of micro-chamfering on oil film lubrication characteristics of slipper/swashplate interface within axial piston pump*. Energies, 14, pp. 1961, <https://doi.org/10.3390/en14071961>, 2021.
77. Rokala, M., Calonius, O., Pietola, M., Koskinen, K., T., *Test Equipment for Measuring Water Film Thickness between the Swash plate and the Slipper Pad in Water Hydraulic Axial Piston Pumps*. 6. IFK2008 – Workshop, Dresden, Germany, 2008.
78. Todić, N., Vulović, S., Živković, M., Savić, S., Ranković, V., *Analysis of loads and deformation of valve plate in contact with cylinder block at axial piston pump for water hydraulics*, 4th South-East European Conference on Computational Mechanics, Kragujevac, ISBN 978-86-921243-0-3, 2017.
79. Vulovic, S., Zivkovic, M., Grujovic, N., Slavkovic, R., *Contact problem solution by finite element method*, 9th International Conference Research and Development in Mechanical Industry RaDMI 2009, Vrnjačka Banja, pp. 637-642, ISBN 978-86-83303-24-8, 2009.
80. Kojić, M., Slavković, R., Živković, M., Grujović, N., *The software packages PAK*. Kragujevac, Faculty of Mechanical Engineering.
81. Vulovic, S., Zivkovic, M., Vujanac, R., Zivkovic, J., *Solution of Contact Problems Using the Finite Element Method*, 4th International Scientific Conference COMETA, East Sarajevo-Jahorina, pp. 253-260, ISBN 978-99976-719- 4-3, 2018.
82. Bergemann, M., *Systematische Untersuchung des Geräuschverhaltens von Kolbenpumpen mit ungerader Kolbenanzahl*, Verlag Mainz, Wissenschaftsverlag, Aachen, 1994.
83. Kumar, S., *CFD Analysis of an axial piston pump*, PHD Thesis, Fluid Mechanics Department, Universidad Politecnica de Catalunya, 2010.

84. Kumar, S., Bergada, J.,M., *The effect of piston grooves performance in an axial piston pumps via CFD analysis*, International Journal of Mechanical Sciences, 66, pp. 168-179, <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2012.11.005>, 2013.
85. Bergada, J.,M., Kumar, S., Davies, D., L., Watton, J., *A complete analysis of axial piston pump leakage and output flow ripples*, Applied Mathematical Modelling, 36, pp. 1731-1751, <https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.09.016>, 2012.
86. Bergada, J.,M., Watton, J., Kumar, S., *Pressure, flow, force and torque between the barrel and port plate in an axial piston pump*, Journal of dynamic systems, measurement and control, Vol 130, N 1, pp. 011011-1/16, 2008.
87. Ivantysynova, M., Huang, C., *Investigation of the Flow in Displacement Machines Considering Elastohydrodynamic Effect*, Proceedings of the 5th JFPS International Symposium on Fluid Power, Nara, Japan, pp. 219-229, 2002.
88. Ivantysynova, M., Grabbel, J., Ossyra, J.,C., *Prediction of a swash plate moment using the simulation tool CASPAR*, ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition, New Orleans, Louisiana, USA, IMECE2002-39322, 2002.
89. Ivantysynova, M., Lasaar, R., *An investigation into micro – and macrogeometric design of piston / cylinder assembly of swash plate machines*, International Journal of Fluid Power, 5, No 1, pp. 23-36, 2004.
90. Kalbfleisch, P., K., Ivantysynova, M., *Computational valve plate design in axial piston pumps/motors*, International Journal of Fluid Power, Vol. 20_2, pp. 177–208, doi:10.13052/ijfp1439-9776.2022, 2019.
91. Pelosi, M., Ivantysynova, M., *A geometric multigrid solver for the piston–cylinder interface of axial piston machines*, Tribology Transactions, 55, pp. 163-174, doi: 10.1080/10402004.2011.639049, 2012.
92. Paszota, Z., *Theoretical and mathematical models of the torque of mechanical losses in the pump used in a hydrostatic driv.*, Polish Maritime Research, 18 (4), pp. 28-35, <https://doi.org/10.2478/v10012-011-0023-x>, 2012.
93. Casoli, P., Pompini, N., Riccò, L., *Simulation of an excavator hydraulic system using nonlinear mathematical models*, Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, 61, pp. 583-593, doi:<http://dx.doi.org/10.5545/sv-jme.2015.2570>, 2018.
94. Zhou, J., Vacca, A., Manhartsgruber, B., *A novel approach for the prediction of dynamic features of air release and absorption in hydraulic oils*, ASME. J. Fluids Eng, 135(9): 091305, <https://doi.org/10.1115/1.4024864>, 2013.
95. Vacca, A., Klop, R., Ivantysynova, M., *A numerical approach for the evaluation of the effects of air release and vapour cavitation on effective flow rate of axial piston machines*, International Journal of Fluid Power, 11, No. 1 pp. 33-45, DOI: 10.1080/14399776.2010.10780996, 2010.
96. Ernst, M., Vacca, A., Ivantysynova, M., Enevoldsen, G., *Tailoring the bore surfaces of water hydraulic axial piston machines to piston tilt and deformation*, Energies,13, pp. 5997, doi:10.3390/en13225997, 2020.
97. Savić, S., Todić, N., Cvejić, S., *Optimization of axial piston water pumps in the development phase*, International Conference Fluid Power 2023, Conference Proceedings, Maribor, Slovenia, , pp. 67-72, ISBN 978-961-286-781-2, 2023.
98. Todić, N., Savić, S., Gordić, D., *New trends in the development, design and application of water hydraulic axial piston pumps*, Traktori i pogonske mašine, Vol.22, No.1/2, pp. 86-93, ISSN 0354-9496, 2017.
99. Todić, N., Savić, S., Gordić, D., Vulović, S., Šušteršič, V., *Mathematical modeling and experimental verification parameters valve plate of axial piston pumps of water hydraulic*,

- 3rd International Conference on Quality of Life, Kopaonik 2018, pp. 137-142, ISBN 978-86-6335-056-4, 2018.
100. Todić, N., Savić, S., Gordić, D., Šušteršič, V., *Development and experimental research of a water hydraulics piston axial pump - the most important components of the reverse osmosis system*, Traktori i pogonske mašine, Vol.25, No.5, pp. 44-50, ISSN 0354-9496, 2020.
101. Chao, Q., Zhang, J., H., Xu, B., et al., *Test rigs and experimental studies of the slipper bearing in axial piston pumps: A review*, Measurement, 132, pp. 135-149, 2019.
102. Zhang, J., H., Chao, Q., Wang, Q., N., et al., *Experimental investigations of the slipper spin in an axial piston pump*, Measurement, 102, pp. 112-120, 2017.
103. Yin, F., Nie, S., Xiao, S., Hou, W., *Numerical and experimental study of cavitation performance in sea water hydraulic axial piston pump*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, 230, pp. 716-735, doi:10.1177/0959651816651547, 2016.
104. Long, Q., Yang, Y., Xuwei, H., *Simulation and experimental research on the axial piston pump with series three-windows in valve plate*, Proceedings of 2011 International Conference on Fluid Power and Mechatronics, Beijing, China, pp. 71-76, doi: 10.1109/FPM.2011.6045732, 2011.
105. Zhou, J., Zhou, J., Jing, C., *Experimental research on the dynamic lubricating performance of slipper/swash plate interface in axial piston pumps*, Chin. J. Mech. Eng. 33, 25, <https://doi.org/10.1186/s10033-020-00441-7>, 2020.
106. Spencer, N., A., *Design and development of a novel test method to measure the slipper/swashplate interface fluid film in a positive displacement machine*, Purdue University, 2014.
107. Liu, Y., S., Wu, D., F., Long, L., Cao, S., P., *Research on the port valve of a water hydraulic axial pump*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, 223(3), pp.155-166, doi:10.1243/09544089JPME237, 2009.
108. Ham, Y., B., Lee, Y., B., Park, K., M., Choi, B., O., *A study on the application of birfield joint to a water hydraulic piston pump for low leakage and low friction pumping*, Proceedings of the 6th JFPS International Symposium on Fluid Power, Tsukuba, 2005.
109. Canbulut, F., Sinanoğlu, C., Koc, E., *Experimental analysis of frictional power loss of hydrostatic slipper bearings*, Industrial Lubrication and Tribology, vol.61, pp.123-131, 2009.
110. Załuski, P. (2021). *Experimental Research of an Axial Piston Pump with Displaced Swash Plate Axis of Rotation*, Advances in Hydraulic and Pneumatic Drives and Control NSHP 2020, pp. 135–145, https://doi.org/10.1007/978-3-030-59509-8_12, 2020.
111. Manring, N., D., Wray, C., L., Dong, Z., L., *Experimental studies on the performance of slipper bearings within axial-piston pumps*, Journal Tribol., 126 (3), pp. 511-518, 2004.

ПРИЛОГ

ПРИЛОГ 1

Табела снимљених података експериманталног испитивања

ПРИТИСАК НА ИЗЛАЗУ		ПРИТИСАК НА УЛАЗУ		БРОЈ ОБРТАЈА		ПРОТОК		ОБРТНИ МОМЕНТ	
X in s	Y in bar	X in s	Y in bar	X in s	Y in U/min	X in s	Y in l/min	X in s	Y in Nm
0	6,019649	0	0,510875	0	1004,550781	0	96,741974	0	46,258904
0,049987	6,052977	0,049987	0,50998	0,049987	1005,664063	0,049987	96,77314	0,049987	46,760406
0,099974	5,955305	0,099974	0,509531	0,099974	1005,351563	0,099974	96,766357	0,099974	46,096916
0,149961	5,992512	0,149961	0,509763	0,149961	1004,917969	0,149961	96,717636	0,149961	45,462341
0,199948	6,060159	0,199948	0,508609	0,199948	1005,179688	0,199948	96,636154	0,199948	46,331619
0,249935	5,845699	0,249935	0,509138	0,249935	1004,089844	0,249935	96,613426	0,249935	44,842632
0,299922	6,06455	0,299922	0,508804	0,299922	1005,742188	0,299922	96,493896	0,299922	45,919819
0,349909	5,944678	0,349909	0,508102	0,349909	1005,566406	0,349909	96,262833	0,349909	45,804943
0,399896	5,975139	0,399896	0,508696	0,399896	1004,917969	0,399896	96,298897	0,399896	45,676994
0,449883	6,03085	0,449883	0,50845	0,449883	1006,132813	0,449883	96,449722	0,449883	46,060295
0,49987	5,988141	0,49987	0,506979	0,49987	1004,75	0,49987	96,502769	0,49987	45,956093
0,549857	6,026786	0,549857	0,506965	0,549857	1003,769531	0,549857	96,518799	0,549857	46,252941
0,599844	5,990958	0,599844	0,507237	0,599844	1005,3125	0,599844	96,625046	0,599844	46,394276
0,649831	5,991623	0,649831	0,506252	0,649831	1004,566406	0,649831	96,718735	0,649831	46,076344
0,699818	6,015582	0,699818	0,505932	0,699818	1005,363281	0,699818	96,723137	0,699818	46,2248
0,749805	5,309308	0,749805	0,505198	0,749805	1006,84375	0,749805	96,674088	0,749805	41,91988
0,799792	6,285246	0,799792	0,506024	0,799792	1004,90625	0,799792	95,521179	0,799792	45,925682
0,849779	5,938335	0,849779	0,505624	0,849779	1005,183594	0,849779	95,492508	0,849779	45,303204
0,899766	5,96171	0,899766	0,505638	0,899766	1004,566406	0,899766	95,701134	0,899766	45,612679
0,949753	5,966342	0,949753	0,505808	0,949753	1004,984375	0,949753	95,940125	0,949753	45,644043
0,99974	5,861652	0,99974	0,505994	0,99974	1005,863281	0,99974	96,076958	0,99974	45,544342
1,049727	5,972627	1,049727	0,505401	1,049727	1005,355469	1,049727	96,214149	1,049727	45,513187
1,099714	6,01276	1,099714	0,504408	1,099714	1005,566406	1,099714	96,321167	1,099714	45,516666
1,149701	6,032336	1,149701	0,50548	1,149701	1004,144531	1,149701	96,356026	1,149701	45,782825
1,199688	6,075977	1,199688	0,504907	1,199688	1003,964844	1,199688	96,344482	1,199688	46,089333
1,249675	6,021434	1,249675	0,505068	1,249675	1006,078125	1,249675	96,413033	1,249675	46,475788
1,299662	5,943115	1,299662	0,50362	1,299662	1004,515625	1,299662	96,378258	1,299662	45,498867
1,349649	6,056316	1,349649	0,503594	1,349649	1005,097656	1,349649	96,381958	1,349649	45,965244
1,399636	6,042986	1,399636	0,504351	1,399636	1005,097656	1,399636	96,413849	1,399636	46,205261
1,449623	6,07442	1,449623	0,504013	1,449623	1002,855469	1,449623	96,357437	1,449623	45,916122
1,49961	6,240895	1,49961	0,50326	1,49961	1004,601563	1,49961	96,251587	1,49961	47,317726
1,549597	6,071604	1,549597	0,502502	1,549597	1005,492188	1,549597	96,260017	1,549597	46,569763
1,599584	6,090583	1,599584	0,502374	1,599584	1003,945313	1,599584	96,313835	1,599584	45,824177
1,649571	6,134819	1,649571	0,503199	1,649571	1006,738281	1,649571	96,363548	1,649571	46,730694
1,699558	5,851562	1,699558	0,503148	1,699558	1005,300781	1,699558	96,382561	1,699558	44,587914
1,749545	6,353937	1,749545	0,501873	1,749545	1004,332031	1,749545	95,935669	1,749545	46,861244
1,799532	6,193468	1,799532	0,502596	1,799532	1005,132813	1,799532	95,624947	1,799532	46,835793
1,849519	6,192114	1,849519	0,503023	1,849519	1004,5	1,849519	95,824127	1,849519	46,438751
1,899506	6,266783	1,899506	0,501917	1,899506	1004,617188	1,899506	96,064903	1,899506	47,240944
1,949493	6,176739	1,949493	0,500806	1,949493	1005,628906	1,949493	96,100967	1,949493	46,786423
1,99948	6,289942	1,99948	0,499946	1,99948	1004,007813	1,99948	96,105865	1,99948	46,687466
2,049467	6,422677	2,049467	0,500946	2,049467	1005,125	2,049467	96,138481	2,049467	47,818554
2,099454	6,361535	2,099454	0,501328	2,099454	1004,035156	2,099454	96,189034	2,099454	47,542984
2,14944	6,414282	2,14944	0,499292	2,14944	1005,058594	2,14944	96,363388	2,14944	48,136322
2,199427	6,305872	2,199427	0,500051	2,199427	1005,296875	2,199427	96,382301	2,199427	47,870228
2,249414	6,330354	2,249414	0,499783	2,249414	1005,039063	2,249414	96,280869	2,249414	47,271553
2,299401	6,473722	2,299401	0,499373	2,299401	1005,40625	2,299401	96,40921	2,299401	47,957272
2,349388	6,489865	2,349388	0,500802	2,349388	1004,761719	2,349388	96,402367	2,349388	48,606045
2,399375	6,547927	2,399375	0,499234	2,399375	1002,871094	2,399375	96,379097	2,399375	48,572231
2,449362	6,627907	2,449362	0,499478	2,449362	1005,527344	2,449362	96,448677	2,449362	49,375416
2,499349	6,529529	2,499349	0,498602	2,499349	1004,699219	2,499349	96,407867	2,499349	48,763916
2,549336	6,584677	2,549336	0,499537	2,549336	1005,265625	2,549336	96,352394	2,549336	48,675175
2,599323	6,641388	2,599323	0,499799	2,599323	1005,742188	2,599323	96,356842	2,599323	49,295486
2,64931	6,528218	2,64931	0,499307	2,64931	1004,328125	2,64931	96,396996	2,64931	48,140705
2,699297	6,839557	2,699297	0,498832	2,699297	1004,105469	2,699297	96,23278	2,699297	49,839947
2,749284	6,698607	2,749284	0,498571	2,749284	1005,683594	2,749284	96,177185	2,749284	49,596535
2,799271	6,59127	2,799271	0,497695	2,799271	1005,230469	2,799271	96,184052	2,799271	48,84256
2,849258	6,586667	2,849258	0,497736	2,849258	1006,714844	2,849258	96,336624	2,849258	49,028492
2,899245	6,598166	2,899245	0,497479	2,899245	1005,890625	2,899245	96,47847	2,899245	48,689899
2,949232	6,72486	2,949232	0,49763	2,949232	1005,695313	2,949232	96,482307	2,949232	49,392742

2,999219	6,720069	2,999219	0,496592	2,999219	1005,003906	2,999219	96,458015	2,999219	49,523903
3,049206	6,784503	3,049206	0,498152	3,049206	1005,617188	3,049206	96,533058	3,049206	49,74831
3,099193	6,686159	3,099193	0,49735	3,099193	1006,421875	3,099193	96,512955	3,099193	49,61874
3,14918	6,630518	3,14918	0,49599	3,14918	1006,277344	3,14918	96,534538	3,14918	49,120628
3,199167	6,805636	3,199167	0,495831	3,199167	1006,015625	3,199167	96,46463	3,199167	49,612167
3,249154	6,83031	3,249154	0,496323	3,249154	1006,410156	3,249154	96,530006	3,249154	50,134148
3,299141	6,972361	3,299141	0,495914	3,299141	1003,632813	3,299141	96,452774	3,299141	50,750015
3,349128	7,052446	3,349128	0,494736	3,349128	1005,160156	3,349128	96,421333	3,349128	51,590076
3,399115	6,973232	3,399115	0,494698	3,399115	1005,257813	3,399115	96,481789	3,399115	51,1553
3,449102	6,932618	3,449102	0,496037	3,449102	1003,820313	3,449102	96,501724	3,449102	50,224586
3,499089	7,015124	3,499089	0,495654	3,499089	1005,597656	3,499089	96,498009	3,499089	51,025848
3,549076	6,989843	3,549076	0,494168	3,549076	1005,027344	3,549076	96,443588	3,549076	50,759285
3,599063	5,193045	3,599063	0,495492	3,599063	1007,683594	3,599063	95,978058	3,599063	40,614849
3,64905	7,169714	3,64905	0,495221	3,64905	1008,78125	3,64905	92,227074	3,64905	50,122936
3,699037	6,994339	3,699037	0,495985	3,699037	1008,199219	3,699037	92,089439	3,699037	48,818687
3,749024	7,081368	3,749024	0,496911	3,749024	1008,128906	3,749024	92,993866	3,749024	49,52549
3,799011	5,315045	3,799011	0,497105	3,799011	1012,035156	3,799011	93,671623	3,799011	41,160378
3,848998	7,468777	3,848998	0,497447	3,848998	1008,128906	3,848998	90,96064	3,848998	50,3918
3,898985	6,559751	3,898985	0,498012	3,898985	1008,605469	3,898985	91,644325	3,898985	46,607876
3,948972	7,031621	3,948972	0,498411	3,948972	1006,921875	3,948972	92,365532	3,948972	48,978622
3,998959	6,939094	3,998959	0,498729	3,998959	1006,691406	3,998959	93,068123	3,998959	48,174229
4,048946	6,806125	4,048946	0,499521	4,048946	1007,441406	4,048946	93,340569	4,048946	48,353031
4,098933	6,664347	4,098933	0,499887	4,098933	1006,839844	4,098933	93,313583	4,098933	46,987209
4,14892	6,719125	4,14892	0,499776	4,14892	1007,203125	4,14892	92,732819	4,14892	47,073177
4,198907	6,8299	4,198907	0,499273	4,198907	1006,515625	4,198907	92,177071	4,198907	48,419533
4,248894	6,88282	4,248894	0,500486	4,248894	1004,359375	4,248894	92,6735	4,248894	48,28297
4,298881	6,940499	4,298881	0,499747	4,298881	1006,851563	4,298881	92,940453	4,298881	49,012711
4,348868	6,936354	4,348868	0,500242	4,348868	1006,5625	4,348868	93,147705	4,348868	48,893291
4,398855	6,946349	4,398855	0,500442	4,398855	1005,609375	4,398855	93,209587	4,398855	48,183533
4,448842	6,95675	4,448842	0,500822	4,448842	1007,175781	4,448842	93,346504	4,448842	49,00161
4,498829	6,90139	4,498829	0,500988	4,498829	1005,3125	4,498829	93,472244	4,498829	48,273769
4,548816	7,004637	4,548816	0,500021	4,548816	1004,324219	4,548816	93,491508	4,548816	49,077751
4,598803	6,925432	4,598803	0,501212	4,598803	1005,84375	4,598803	93,493423	4,598803	49,289322
4,64879	7,047945	4,64879	0,501254	4,64879	1004,054688	4,64879	93,356766	4,64879	49,315853
4,698777	4,852204	4,698777	0,499977	4,698777	1008,375	4,698777	93,148148	4,698777	38,897202
4,748764	7,188164	4,748764	0,500106	4,748764	1008,246094	4,748764	89,494507	4,748764	49,067142
4,798751	6,760306	4,798751	0,501931	4,798751	1006,460938	4,798751	88,18322	4,798751	46,725555
4,848738	6,815159	4,848738	0,502817	4,848738	1006,152344	4,848738	89,970703	4,848738	47,754841
4,898725	6,661731	4,898725	0,5026	4,898725	1005,578125	4,898725	90,61586	4,898725	47,043205
4,948712	6,584346	4,948712	0,50298	4,948712	1005,660156	4,948712	91,207016	4,948712	46,972282
4,998699	6,745905	4,998699	0,503849	4,998699	1005,308594	4,998699	91,431953	4,998699	47,799038
5,048686	6,862471	5,048686	0,504641	5,048686	1004,558594	5,048686	91,651764	5,048686	47,706036
5,098673	6,949027	5,098673	0,505008	5,098673	1004,699219	5,098673	91,736252	5,098673	48,328468
5,14866	6,811942	5,14866	0,507002	5,14866	1003,53125	5,14866	91,64505	5,14866	47,978706
5,198647	6,798504	5,198647	0,505638	5,198647	1003,839844	5,198647	91,597084	5,198647	47,798393
5,248634	6,692019	5,248634	0,507099	5,248634	1005,605469	5,248634	91,744957	5,248634	47,74823
5,298621	6,831617	5,298621	0,507687	5,298621	1004,382813	5,298621	91,693924	5,298621	47,713501
5,348608	6,837362	5,348608	0,510068	5,348608	1005,796875	5,348608	91,89579	5,348608	48,016251
5,398595	6,944777	5,398595	0,509567	5,398595	1005,367188	5,398595	91,86776	5,398595	48,554939
5,448582	7,016275	5,448582	0,511301	5,448582	1003,078125	5,448582	91,93782	5,448582	48,772572
5,498569	6,8894	5,498569	0,511699	5,498569	1004,226563	5,498569	92,155098	5,498569	48,599709
5,548556	6,842583	5,548556	0,511987	5,548556	1004,832031	5,548556	92,150078	5,548556	48,330063
5,598543	6,872831	5,598543	0,51405	5,598543	1003,929688	5,598543	92,136139	5,598543	48,521996
5,64853	6,844858	5,64853	0,514632	5,64853	1005,867188	5,64853	92,218552	5,64853	48,412518
5,698517	7,12446	5,698517	0,512518	5,698517	1004,667969	5,698517	92,30867	5,698517	49,066139
5,748504	7,259426	5,748504	0,512794	5,748504	1004,457031	5,748504	92,38485	5,748504	50,088329
5,798491	6,960468	5,798491	0,512881	5,798491	1004,082031	5,798491	92,440758	5,798491	48,912586
5,848478	6,450456	5,848478	0,514355	5,848478	1004,351563	5,848478	92,512993	5,848478	46,341171
5,898465	7,186831	5,898465	0,513259	5,898465	1005,277344	5,898465	92,131577	5,898465	50,179607
5,948452	6,908407	5,948452	0,514731	5,948452	1005,269531	5,948452	92,208946	5,948452	48,617867
5,998439	7,152675	5,998439	0,512963	5,998439	1004,820313	5,998439	92,534515	5,998439	49,553936
6,048426	7,185567	6,048426	0,513413	6,048426	1005,195313	6,048426	92,790154	6,048426	50,293201
6,098413	7,078813	6,098413	0,513971	6,098413	1003,144531	6,098413	92,936569	6,098413	49,209877
6,1484	7,094574	6,1484	0,513645	6,1484	1004,90625	6,1484	93,084236	6,1484	49,460629

6,198387	6,913761	6,198387	0,513575	6,198387	1004,972656	6,198387	93,211746	6,198387	48,946957
6,248374	7,121054	6,248374	0,51357	6,248374	1003,578125	6,248374	93,221558	6,248374	49,402332
6,298361	7,205564	6,298361	0,513694	6,298361	1005,421875	6,298361	93,234818	6,298361	50,389065
6,348348	7,177699	6,348348	0,513744	6,348348	1003,96875	6,348348	93,269859	6,348348	50,005936
6,398335	7,221659	6,398335	0,516332	6,398335	1003,105469	6,398335	93,388664	6,398335	50,055737
6,448321	7,087559	6,448321	0,516478	6,448321	1005,316406	6,448321	93,382324	6,448321	50,092808
6,498308	7,029701	6,498308	0,517285	6,498308	1004,367188	6,498308	93,355881	6,498308	49,415188
6,548295	7,191204	6,548295	0,517634	6,548295	1005,007813	6,548295	93,381889	6,548295	49,969814
6,598282	7,226902	6,598282	0,518478	6,598282	1005,714844	6,598282	93,417953	6,598282	50,311569
6,648269	7,23144	6,648269	0,518834	6,648269	1003,449219	6,648269	93,557907	6,648269	49,790928
6,698256	7,298666	6,698256	0,519081	6,698256	1004,132813	6,698256	93,652763	6,698256	50,899372
6,748243	7,137231	6,748243	0,519583	6,748243	1004,570313	6,748243	93,620865	6,748243	50,054092
6,79823	7,058762	6,79823	0,519789	6,79823	1004,5	6,79823	93,585709	6,79823	49,553856
6,848217	7,242055	6,848217	0,5202	6,848217	1005,53125	6,848217	93,533615	6,848217	50,940224
6,898204	7,326386	6,898204	0,519227	6,898204	1005,292969	6,898204	93,573753	6,898204	50,91544
6,948191	7,405423	6,948191	0,521166	6,948191	1004,449219	6,948191	93,747841	6,948191	51,252228
6,998178	7,287784	6,998178	0,521031	6,998178	1003,800781	6,998178	93,899864	6,998178	50,77771
7,048165	7,253584	7,048165	0,521008	7,048165	1003,582031	7,048165	93,85598	7,048165	50,346939
7,098152	7,289789	7,098152	0,521094	7,098152	1005,429688	7,098152	93,858101	7,098152	51,165901
7,148139	7,297195	7,148139	0,521271	7,148139	1004,992188	7,148139	94,042137	7,148139	51,105274
7,198126	7,385187	7,198126	0,521612	7,198126	1004,972656	7,198126	94,055695	7,198126	51,266453
7,248113	7,367086	7,248113	0,520311	7,248113	1004,503906	7,248113	94,080009	7,248113	51,273903
7,2981	7,372697	7,2981	0,520628	7,2981	1002,992188	7,2981	94,152542	7,2981	51,149517
7,348087	7,384537	7,348087	0,52006	7,348087	1004,226563	7,348087	94,066673	7,348087	51,67482
7,398074	7,346989	7,398074	0,520493	7,398074	1005,167969	7,398074	94,098862	7,398074	51,622238
7,448061	7,408573	7,448061	0,520708	7,448061	1003,894531	7,448061	94,115868	7,448061	51,659851
7,498048	7,475556	7,498048	0,520397	7,498048	1005,800781	7,498048	94,232437	7,498048	52,039658
7,548035	7,480247	7,548035	0,520613	7,548035	1004,507813	7,548035	94,324257	7,548035	51,641129
7,598022	7,499698	7,598022	0,519728	7,598022	1003,71875	7,598022	94,497643	7,598022	52,008972
7,648009	7,415106	7,648009	0,519913	7,648009	1003,996094	7,648009	94,498863	7,648009	52,131939
7,697996	7,423513	7,697996	0,520664	7,697996	1004,40625	7,697996	94,512489	7,697996	51,973534
7,747983	7,519449	7,747983	0,520298	7,747983	1005,046875	7,747983	94,618996	7,747983	52,750664
7,79797	7,595725	7,79797	0,520531	7,79797	1005,800781	7,79797	94,610245	7,79797	52,806946
7,847957	7,659992	7,847957	0,521461	7,847957	1004,4375	7,847957	94,632202	7,847957	52,826954
7,897944	7,668396	7,897944	0,520933	7,897944	1004,804688	7,897944	94,655029	7,897944	53,301262
7,947931	7,542982	7,947931	0,52106	7,947931	1003,171875	7,947931	94,597099	7,947931	52,231018
7,997918	7,618729	7,997918	0,52136	7,997918	1005,128906	7,997918	94,547127	7,997918	53,155167
8,047905	7,599969	8,047905	0,520875	8,047905	1005,058594	8,047905	94,636429	8,047905	53,307026
8,097892	7,70541	8,097892	0,521069	8,097892	1004,75	8,097892	94,764587	8,097892	53,149357
8,147879	7,831111	8,147879	0,520678	8,147879	1005,429688	8,147879	94,972252	8,147879	54,000206
8,197866	7,805159	8,197866	0,521001	8,197866	1003,996094	8,197866	94,824883	8,197866	53,971176
8,247853	7,739571	8,247853	0,520911	8,247853	1002,433594	8,247853	94,801323	8,247853	53,395515
8,29784	7,688496	8,29784	0,521252	8,29784	1005,625	8,29784	94,849503	8,29784	54,09193
8,347827	7,576112	8,347827	0,520865	8,347827	1004,121094	8,347827	94,779472	8,347827	52,956848
8,397814	7,894323	8,397814	0,520509	8,397814	1005,117188	8,397814	94,765006	8,397814	54,177895
8,447801	7,949211	8,447801	0,521115	8,447801	1005,769531	8,447801	94,863274	8,447801	54,69611
8,497788	7,937215	8,497788	0,520317	8,497788	1003,566406	8,497788	94,838524	8,497788	54,107063
8,547775	7,963038	8,547775	0,51993	8,547775	1004,179688	8,547775	94,970192	8,547775	54,975883
8,597762	7,762779	8,597762	0,519367	8,597762	1005,5625	8,597762	95,051781	8,597762	54,177437
8,647749	7,79437	8,647749	0,520311	8,647749	1003,808594	8,647749	95,00547	8,647749	53,721703
8,697736	7,928463	8,697736	0,519897	8,697736	1006,199219	8,697736	95,118721	8,697736	55,021244
8,747723	8,012357	8,747723	0,520224	8,747723	1004,960938	8,747723	95,193405	8,747723	54,882881
8,79771	8,112141	8,79771	0,519688	8,79771	1004,492188	8,79771	95,113007	8,79771	55,076328
8,847697	7,914539	8,847697	0,520421	8,847697	1004,71875	8,847697	95,066048	8,847697	54,381775
8,897684	7,7064	8,897684	0,520162	8,897684	1004,777344	8,897684	94,939934	8,897684	53,220402
8,947671	7,9042	8,947671	0,520161	8,947671	1005,289063	8,947671	94,862633	8,947671	54,519871
8,997658	8,008552	8,997658	0,520195	8,997658	1006,121094	8,997658	95,006721	8,997658	55,199314
9,047645	8,103353	9,047645	0,520754	9,047645	1005,378906	9,047645	95,161385	9,047645	55,029377
9,097632	8,133924	9,097632	0,520146	9,097632	1006,253906	9,097632	95,260971	9,097632	55,522511
9,147619	8,041496	9,147619	0,519751	9,147619	1004,292969	9,147619	95,250175	9,147619	54,980679
9,197606	7,968071	9,197606	0,519113	9,197606	1005,136719	9,197606	95,272438	9,197606	55,013798
9,247593	7,898165	9,247593	0,519339	9,247593	1005,707031	9,247593	95,30748	9,247593	54,744766
9,29758	8,03464	9,29758	0,519182	9,29758	1004,796875	9,29758	95,407066	9,29758	54,901508
9,347567	8,157343	9,347567	0,519495	9,347567	1005,824219	9,347567	95,42411	9,347567	55,794369

9,397554	8,227323	9,397554	0,518456	9,397554	1005,28125	9,397554	95,344841	9,397554	56,394852
9,447541	8,171494	9,447541	0,519036	9,447541	1003,230469	9,447541	95,39959	9,447541	56,17247
9,497528	8,097115	9,497528	0,518953	9,497528	1005,058594	9,497528	95,515602	9,497528	56,255215
9,547515	7,971572	9,547515	0,518931	9,547515	1005,257813	9,547515	95,472229	9,547515	55,358063
9,597502	8,073844	9,597502	0,518141	9,597502	1005,390625	9,597502	95,533257	9,597502	55,874767
9,647489	8,195181	9,647489	0,518214	9,647489	1006,089844	9,647489	95,70752	9,647489	56,465157
9,697476	8,274283	9,697476	0,518397	9,697476	1005,035156	9,697476	95,679031	9,697476	56,285252
9,747463	8,310793	9,747463	0,517566	9,747463	1004,4375	9,747463	95,651497	9,747463	57,005032
9,79745	8,160994	9,79745	0,517523	9,79745	1004,152344	9,79745	95,641495	9,79745	56,750469
9,847437	8,045908	9,847437	0,516958	9,847437	1005,046875	9,847437	95,606773	9,847437	56,212589
9,897424	8,090573	9,897424	0,516791	9,897424	1005,75	9,897424	95,640633	9,897424	56,437462
9,947411	8,245289	9,947411	0,517281	9,947411	1005,578125	9,947411	95,630119	9,947411	56,899353
9,997398	8,416738	9,997398	0,516271	9,997398	1005,839844	9,997398	95,725479	9,997398	57,798096
10,04738	8,363894	10,04738	0,516551	10,04738	1004,421875	10,04738	95,814232	10,04738	57,708019
10,09737	8,279588	10,09737	0,516724	10,09737	1003,808594	10,09737	95,692085	10,09737	56,912449
10,14736	8,210262	10,14736	0,515995	10,14736	1006,375	10,14736	95,79435	10,14736	56,963882
10,19735	8,114092	10,19735	0,515641	10,19735	1005,121094	10,19735	95,883217	10,19735	56,267036
10,24733	8,312492	10,24733	0,514625	10,24733	1005,273438	10,24733	95,863022	10,24733	57,013088
10,29732	8,47344	10,29732	0,515044	10,29732	1006,148438	10,29732	95,97123	10,29732	58,551769
10,34731	8,415922	10,34731	0,51387	10,34731	1003,710938	10,34731	96,002213	10,34731	57,734451
10,39729	8,372519	10,39729	0,514806	10,39729	1004,28125	10,39729	95,976357	10,39729	58,103897
10,44728	8,178807	10,44728	0,513468	10,44728	1005,425781	10,44728	95,91996	10,44728	57,224251
10,49727	8,198165	10,49727	0,514601	10,49727	1003,921875	10,49727	95,980095	10,49727	56,732647
10,54725	8,392625	10,54725	0,513595	10,54725	1006,351563	10,54725	95,980385	10,54725	58,061718
10,59724	8,447772	10,59724	0,51306	10,59724	1005,34375	10,59724	96,029198	10,59724	57,889404
10,64723	8,489625	10,64723	0,513374	10,64723	1003,859375	10,64723	96,003319	10,64723	58,003773
10,69722	8,38204	10,69722	0,513222	10,69722	1004,367188	10,69722	95,986557	10,69722	58,441723
10,7472	8,195932	10,7472	0,512891	10,7472	1003,574219	10,7472	96,012154	10,7472	57,065525
10,79719	8,258483	10,79719	0,512308	10,79719	1004,09375	10,79719	96,099052	10,79719	57,653023
10,84718	8,344301	10,84718	0,512459	10,84718	1005,371094	10,84718	96,042732	10,84718	58,177677
10,89716	8,464035	10,89716	0,512164	10,89716	1004,09375	10,89716	95,946854	10,89716	58,388935
10,94715	8,537936	10,94715	0,512206	10,94715	1004,773438	10,94715	96,077713	10,94715	59,053997
10,99714	8,40099	10,99714	0,512051	10,99714	1003,566406	10,99714	96,059387	10,99714	58,272663
11,04712	8,306208	11,04712	0,510732	11,04712	1004,042969	11,04712	96,023636	11,04712	57,619919
11,09711	8,333808	11,09711	0,510693	11,09711	1005,363281	11,09711	96,000107	11,09711	58,404327
11,1471	8,405225	11,1471	0,50935	11,1471	1004,492188	11,1471	95,992538	11,1471	58,619526
11,19709	8,573928	11,19709	0,510614	11,19709	1005,195313	11,19709	96,014969	11,19709	59,329845
11,24707	8,573548	11,24707	0,510574	11,24707	1004,945313	11,24707	96,103447	11,24707	59,263046
11,29706	8,430191	11,29706	0,509593	11,29706	1002,304688	11,29706	96,049538	11,29706	58,309807
11,34705	8,394591	11,34705	0,50906	11,34705	1004,644531	11,34705	96,214317	11,34705	58,759007
11,39703	8,306291	11,39703	0,509246	11,39703	1004,929688	11,39703	96,209137	11,39703	58,340786
11,44702	8,406697	11,44702	0,508937	11,44702	1004,789063	11,44702	96,176895	11,44702	58,243465
11,49701	8,620626	11,49701	0,508348	11,49701	1006,128906	11,49701	96,197449	11,49701	59,772255
11,54699	8,586964	11,54699	0,507785	11,54699	1004,773438	11,54699	96,308929	11,54699	59,568916
11,59698	8,561286	11,59698	0,507648	11,59698	1003,988281	11,59698	96,233658	11,59698	59,881927
11,64697	8,40086	11,64697	0,507641	11,64697	1005,046875	11,64697	96,293472	11,64697	59,112171
11,69696	8,325	11,69696	0,507734	11,69696	1004,578125	11,69696	96,362053	11,69696	58,372425
11,74694	8,454299	11,74694	0,507298	11,74694	1005,671875	11,74694	96,388336	11,74694	59,257732
11,79693	8,568568	11,79693	0,507053	11,79693	1005,980469	11,79693	96,294289	11,79693	59,801342
11,84692	8,700228	11,84692	0,506129	11,84692	1006,070313	11,84692	96,32148	11,84692	60,184406
11,8969	8,611463	11,8969	0,506008	11,8969	1005,648438	11,8969	96,390442	11,8969	60,066238
11,94689	8,413998	11,94689	0,505769	11,94689	1004,472656	11,94689	96,382637	11,94689	58,556549
11,99688	8,422342	11,99688	0,505135	11,99688	1006,046875	11,99688	96,374008	11,99688	59,262421
12,04686	8,397326	12,04686	0,499494	12,04686	1006,015625	12,04686	96,431046	12,04686	59,137276
12,09685	8,584045	12,09685	0,498	12,09685	1005,835938	12,09685	96,346054	12,09685	59,907764
12,14684	8,688852	12,14684	0,497776	12,14684	1006,609375	12,14684	96,335815	12,14684	60,691357
12,19683	8,611991	12,19683	0,498159	12,19683	1004,566406	12,19683	96,303329	12,19683	60,325081
12,24681	8,528906	12,24681	0,496958	12,24681	1005,039063	12,24681	96,440941	12,24681	60,020435
12,2968	8,384265	12,2968	0,497756	12,2968	1006,851563	12,2968	96,50061	12,2968	59,326733
12,34679	8,46801	12,34679	0,50194	12,34679	1005,28125	12,34679	96,38031	12,34679	58,952766
12,39677	8,607084	12,39677	0,5021	12,39677	1006,925781	12,39677	96,355156	12,39677	60,144909
12,44676	8,68382	12,44676	0,501584	12,44676	1006,605469	12,44676	96,377586	12,44676	60,597198
12,49675	8,682239	12,49675	0,50078	12,49675	1004,503906	12,49675	96,345039	12,49675	60,243484
12,54673	8,591355	12,54673	0,501472	12,54673	1005,59375	12,54673	96,383743	12,54673	60,28207

12,59672	8,405953	12,59672	0,499988	12,59672	1005,484375	12,59672	96,355003	12,59672	59,22823
12,64671	8,495076	12,64671	0,500055	12,64671	1005,75	12,64671	96,368919	12,64671	59,687656
12,6967	8,602628	12,6967	0,499385	12,6967	1006,761719	12,6967	96,578705	12,6967	60,796837
12,74668	8,687007	12,74668	0,499695	12,74668	1005,652344	12,74668	96,596054	12,74668	60,040833
12,79667	8,809059	12,79667	0,499672	12,79667	1005,585938	12,79667	96,470245	12,79667	61,286488
12,84666	8,640761	12,84666	0,498356	12,84666	1005,183594	12,84666	96,430054	12,84666	60,759918
12,89664	8,480012	12,89664	0,498613	12,89664	1005,015625	12,89664	96,479523	12,89664	59,636009
12,94663	8,49698	12,94663	0,498136	12,94663	1006,613281	12,94663	96,519089	12,94663	60,164642
12,99662	8,565123	12,99662	0,497848	12,99662	1005,925781	12,99662	96,579216	12,99662	59,942604
13,0466	8,763526	13,0466	0,498656	13,0466	1006,078125	13,0466	96,615036	13,0466	61,240669
13,09659	8,763871	13,09659	0,497176	13,09659	1006,15625	13,09659	96,622688	13,09659	61,759884
13,14658	8,653977	13,14658	0,49597	13,14658	1004,039063	13,14658	96,492645	13,14658	60,522606
13,19656	8,617424	13,19656	0,496327	13,19656	1005,980469	13,19656	96,465454	13,19656	60,706829
13,24655	8,475648	13,24655	0,496754	13,24655	1007,03125	13,24655	96,558846	13,24655	60,034294
13,29654	8,559688	13,29654	0,496442	13,29654	1005,417969	13,29654	96,58004	13,29654	59,989799
13,34653	8,736197	13,34653	0,496047	13,34653	1007,21875	13,34653	96,62915	13,34653	61,474556
13,39651	8,750205	13,39651	0,495579	13,39651	1005,523438	13,39651	96,583984	13,39651	61,541576
13,4465	8,723915	13,4465	0,494098	13,4465	1004,371094	13,4465	96,58255	13,4465	61,16769
13,49649	8,619959	13,49649	0,494075	13,49649	1005,839844	13,49649	96,565041	13,49649	61,029533
13,54647	8,510187	13,54647	0,493421	13,54647	1005,371094	13,54647	96,598816	13,54647	60,297554
13,59646	8,596981	13,59646	0,493444	13,59646	1005,402344	13,59646	96,679298	13,59646	60,546917
13,64645	8,652304	13,64645	0,49287	13,64645	1006,878906	13,64645	96,709557	13,64645	60,88884
13,69643	8,727481	13,69643	0,492244	13,69643	1004,9375	13,69643	96,577682	13,69643	60,819557
13,74642	8,771055	13,74642	0,491491	13,74642	1005,039063	13,74642	96,592918	13,74642	61,814472
13,79641	8,5903	13,79641	0,491238	13,79641	1004,359375	13,79641	96,577164	13,79641	60,941738
13,8464	8,502237	13,8464	0,490506	13,8464	1005,527344	13,8464	96,663612	13,8464	60,268581
13,89638	8,581695	13,89638	0,490537	13,89638	1005,496094	13,89638	96,595222	13,89638	60,995136
13,94637	8,622459	13,94637	0,490766	13,94637	1005,609375	13,94637	96,530785	13,94637	60,705982
13,99636	8,769014	13,99636	0,490335	13,99636	1005,40625	13,99636	96,614929	13,99636	61,915131
14,04634	8,720818	14,04634	0,488375	14,04634	1004,710938	14,04634	96,556297	14,04634	61,533123
14,09633	8,659168	14,09633	0,489704	14,09633	1003,628906	14,09633	96,714645	14,09633	60,84362
14,14632	8,543427	14,14632	0,489237	14,14632	1005,878906	14,14632	96,722366	14,14632	60,760456
14,1963	8,528975	14,1963	0,48852	14,1963	1004,546875	14,1963	96,623405	14,1963	60,547359
14,24629	8,596207	14,24629	0,488319	14,24629	1006,214844	14,24629	96,570274	14,24629	60,752747
14,29628	8,73827	14,29628	0,486147	14,29628	1006,046875	14,29628	96,535294	14,29628	61,703724
14,34627	8,73859	14,34627	0,486189	14,34627	1004,363281	14,34627	96,531113	14,34627	61,489128
14,39625	8,694767	14,39625	0,48552	14,39625	1004,417969	14,39625	96,638626	14,39625	61,771172
14,44624	8,555089	14,44624	0,485391	14,44624	1005,953125	14,44624	96,593475	14,44624	60,835457
14,49623	8,558832	14,49623	0,484436	14,49623	1005,242188	14,49623	96,550484	14,49623	60,667637
14,54621	8,654122	14,54621	0,484999	14,54621	1007,636719	14,54621	96,714043	14,54621	61,233437
14,5962	8,715221	14,5962	0,483617	14,5962	1005,824219	14,5962	96,728615	14,5962	61,491467
14,64619	8,821152	14,64619	0,482159	14,64619	1005,589844	14,64619	96,68322	14,64619	62,443962
14,69617	8,718081	14,69617	0,482671	14,69617	1004,222656	14,69617	96,691383	14,69617	62,084995
14,74616	8,602466	14,74616	0,481424	14,74616	1004,429688	14,74616	96,71418	14,74616	61,084507
14,79615	8,62939	14,79615	0,480717	14,79615	1005,582031	14,79615	96,679276	14,79615	61,278561
14,84614	8,597322	14,84614	0,480725	14,84614	1006,15625	14,84614	96,720825	14,84614	61,184372
14,89612	8,744595	14,89612	0,479639	14,89612	1005,1875	14,89612	96,594589	14,89612	61,573425
14,94611	8,870147	14,94611	0,47976	14,94611	1006,539063	14,94611	96,622818	14,94611	62,857037
14,9961	8,764499	14,9961	0,478352	14,9961	1003,652344	14,9961	96,599968	14,9961	61,89394
15,04608	8,712584	15,04608	0,477719	15,04608	1005,703125	15,04608	96,644058	15,04608	61,709187
15,09607	8,64931	15,09607	0,477756	15,09607	1005,792969	15,09607	96,649551	15,09607	61,865112
15,14606	8,624094	15,14606	0,477275	15,14606	1004,65625	15,14606	96,60067	15,14606	60,922604
15,19604	8,808239	15,19604	0,477195	15,19604	1005,652344	15,19604	96,586319	15,19604	62,356064
15,24603	8,807386	15,24603	0,476968	15,24603	1005,324219	15,24603	96,594269	15,24603	62,370644
15,29602	8,771005	15,29602	0,476934	15,29602	1003,191406	15,29602	96,530312	15,29602	61,816326
15,34601	8,7628	15,34601	0,4765	15,34601	1005,691406	15,34601	96,65741	15,34601	62,635635
15,39599	8,627878	15,39599	0,476478	15,39599	1004,285156	15,39599	96,644882	15,39599	61,260326
15,44598	8,709072	15,44598	0,476949	15,44598	1005,097656	15,44598	96,653656	15,44598	61,786732
15,49597	8,764712	15,49597	0,476195	15,49597	1006,425781	15,49597	96,81485	15,49597	62,191765
15,54595	8,79718	15,54595	0,475987	15,54595	1004,835938	15,54595	96,640076	15,54595	62,201908
15,59594	8,85041	15,59594	0,475255	15,59594	1004,484375	15,59594	96,657516	15,59594	62,825756
15,64593	8,759805	15,64593	0,475984	15,64593	1005,316406	15,64593	96,67363	15,64593	62,44109
15,69591	8,702928	15,69591	0,475396	15,69591	1004,824219	15,69591	96,702446	15,69591	61,794487
15,7459	8,739095	15,7459	0,474874	15,7459	1006,15625	15,7459	96,792145	15,7459	62,47477

15,79589	8,7439	15,79589	0,474576	15,79589	1005,800781	15,79589	96,788971	15,79589	62,260441
15,84588	8,86869	15,84588	0,473705	15,84588	1005,699219	15,84588	96,659821	15,84588	62,72908
15,89586	8,873776	15,89586	0,473382	15,89586	1004,773438	15,89586	96,753555	15,89586	62,96299
15,94585	8,773151	15,94585	0,473533	15,94585	1004,191406	15,94585	96,80249	15,94585	62,162766
15,99584	8,704245	15,99584	0,473404	15,99584	1005,289063	15,99584	96,796623	15,99584	62,094345
16,04582	8,677287	16,04582	0,473298	16,04582	1005,589844	16,04582	96,659882	16,04582	62,284786
16,09581	8,725657	16,09581	0,472649	16,09581	1005,414063	16,09581	96,514526	16,09581	61,999538
16,1458	8,851715	16,1458	0,472043	16,1458	1006,371094	16,1458	96,634583	16,1458	63,237717
16,19578	8,810848	16,19578	0,472248	16,19578	1004,238281	16,19578	96,706017	16,19578	62,91135
16,24577	8,792138	16,24577	0,471156	16,24577	1004,589844	16,24577	96,584579	16,24577	62,808826
16,29576	8,707059	16,29576	0,471486	16,29576	1005,726563	16,29576	96,646507	16,29576	62,474129
16,34575	8,665236	16,34575	0,471025	16,34575	1004,996094	16,34575	96,686562	16,34575	61,743263
16,39573	8,772845	16,39573	0,470341	16,39573	1006,21875	16,39573	96,706589	16,39573	62,459988
16,44572	8,78107	16,44572	0,470953	16,44572	1005,511719	16,44572	96,794151	16,44572	62,416702
16,49571	8,746153	16,49571	0,470044	16,49571	1003,894531	16,49571	96,831657	16,49571	62,21072
16,54569	8,821181	16,54569	0,46989	16,54569	1003,976563	16,54569	96,690262	16,54569	63,259323
16,59568	8,764697	16,59568	0,468491	16,59568	1003,898438	16,59568	96,613068	16,59568	62,410564
16,64567	8,693499	16,64567	0,470156	16,64567	1004,621094	16,64567	96,734306	16,64567	62,460327
16,69565	8,635981	16,69565	0,470199	16,69565	1004,851563	16,69565	96,672371	16,69565	62,164494
16,74564	8,712606	16,74564	0,468518	16,74564	1003,816406	16,74564	96,573807	16,74564	62,404655
16,79563	8,862686	16,79563	0,468925	16,79563	1003,757813	16,79563	96,605133	16,79563	63,292683
16,84562	8,784152	16,84562	0,469001	16,84562	1002,550781	16,84562	96,688362	16,84562	62,735573
16,8956	8,754889	16,8956	0,468401	16,8956	1003,804688	16,8956	96,722084	16,8956	62,541946
16,94559	8,67227	16,94559	0,468767	16,94559	1005,050781	16,94559	96,697342	16,94559	62,694916
16,99558	8,649116	16,99558	0,468165	16,99558	1004,539063	16,99558	96,739479	16,99558	62,000271
17,04556	8,782642	17,04556	0,467905	17,04556	1005,644531	17,04556	96,654297	17,04556	62,850494
17,09555	8,813513	17,09555	0,467569	17,09555	1004,160156	17,09555	96,686462	17,09555	63,145466
17,14554	8,812009	17,14554	0,469046	17,14554	1001,605469	17,14554	96,69548	17,14554	62,806049
17,19552	8,813715	17,19552	0,468154	17,19552	1004,355469	17,19552	96,675003	17,19552	63,449383
17,24551	8,620008	17,24551	0,467392	17,24551	1003,972656	17,24551	96,704956	17,24551	62,025948
17,2955	8,676091	17,2955	0,467268	17,2955	1004,09375	17,2955	96,714058	17,2955	61,842274
17,34548	8,799373	17,34548	0,468988	17,34548	1005,949219	17,34548	96,720695	17,34548	63,257324
17,39547	8,793637	17,39547	0,467567	17,39547	1003,546875	17,39547	96,800476	17,39547	62,717487
17,44546	8,897291	17,44546	0,466566	17,44546	1003,476563	17,44546	96,752434	17,44546	63,726818
17,49545	8,775904	17,49545	0,465158	17,49545	1004,53125	17,49545	96,69252	17,49545	63,162399
17,54543	8,682967	17,54543	0,464292	17,54543	1003,285156	17,54543	96,608696	17,54543	62,041965
17,59542	8,700309	17,59542	0,464512	17,59542	1004,808594	17,59542	96,631561	17,59542	62,541611
17,64541	8,694292	17,64541	0,465336	17,64541	1004,824219	17,64541	96,696579	17,64541	62,558052
17,69539	8,821068	17,69539	0,464228	17,69539	1003,992188	17,69539	96,711105	17,69539	62,883587
17,74538	8,911929	17,74538	0,463492	17,74538	1004,148438	17,74538	96,770622	17,74538	64,094955
17,79537	8,773084	17,79537	0,464532	17,79537	1003,894531	17,79537	96,784096	17,79537	62,887112
17,84535	8,765258	17,84535	0,463153	17,84535	1005,21875	17,84535	96,797661	17,84535	63,203785
17,89534	8,703251	17,89534	0,463067	17,89534	1006,117188	17,89534	96,767265	17,89534	62,888306
17,94533	8,710988	17,94533	0,46266	17,94533	1005,484375	17,94533	96,780922	17,94533	62,398922
17,99532	8,883597	17,99532	0,462087	17,99532	1006,042969	17,99532	96,81562	17,99532	63,920311
18,0453	8,824748	18,0453	0,462067	18,0453	1004,292969	18,0453	96,936188	18,0453	63,594086
18,09529	8,845049	18,09529	0,461582	18,09529	1004,660156	18,09529	96,918671	18,09529	63,336971
18,14528	8,754523	18,14528	0,462029	18,14528	1006,363281	18,14528	96,8461	18,14528	63,009529
18,19526	8,685143	18,19526	0,461033	18,19526	1005,144531	18,19526	96,918709	18,19526	62,201778
18,24525	8,767611	18,24525	0,460639	18,24525	1006,417969	18,24525	96,945625	18,24525	62,916885
18,29524	8,853829	18,29524	0,461137	18,29524	1006,597656	18,29524	96,799805	18,29524	63,811333
18,34522	8,885979	18,34522	0,460569	18,34522	1004,796875	18,34522	96,786606	18,34522	63,686668
18,39521	8,902342	18,39521	0,461461	18,39521	1005,523438	18,39521	96,894302	18,39521	64,049461
18,4452	8,751456	18,4452	0,460271	18,4452	1006,246094	18,4452	97,099884	18,4452	63,159622
18,49519	8,695251	18,49519	0,460948	18,49519	1005,863281	18,49519	97,071121	18,49519	62,506401
18,54517	8,743524	18,54517	0,459311	18,54517	1006,941406	18,54517	96,925743	18,54517	63,275185
18,59516	8,780102	18,59516	0,460329	18,59516	1006,296875	18,59516	97,017937	18,59516	62,901463
18,64515	8,901345	18,64515	0,458973	18,64515	1005,960938	18,64515	96,954811	18,64515	63,816208
18,69513	8,844384	18,69513	0,458971	18,69513	1004,871094	18,69513	96,967323	18,69513	63,6157
18,74512	8,78208	18,74512	0,459301	18,74512	1005,335938	18,74512	96,957794	18,74512	63,117249
18,79511	8,756572	18,79511	0,457675	18,79511	1006,121094	18,79511	97,040344	18,79511	63,274208
18,84509	8,684483	18,84509	0,456849	18,84509	1005,941406	18,84509	96,930161	18,84509	62,377003
18,89508	8,812192	18,89508	0,456422	18,89508	1006,128906	18,89508	96,869072	18,89508	63,487953
18,94507	8,879381	18,94507	0,457108	18,94507	1005,289063	18,94507	96,914223	18,94507	64,240494

18,99506	8,833778	18,99506	0,457175	18,99506	1003,242188	18,99506	96,904839	18,99506	63,251743
19,04504	8,830606	19,04504	0,456333	19,04504	1005,246094	19,04504	96,904457	19,04504	63,666027
19,09503	8,677044	19,09503	0,456395	19,09503	1004,625	19,09503	96,827751	19,09503	62,382027
19,14502	8,685882	19,14502	0,456338	19,14502	1004,289063	19,14502	96,731071	19,14502	62,571335
19,195	8,817189	19,195	0,45505	19,195	1006,574219	19,195	96,759995	19,195	63,76965
19,24499	8,825339	19,24499	0,455979	19,24499	1004,269531	19,24499	96,899162	19,24499	63,503925
19,29498	8,902361	19,29498	0,455215	19,29498	1003,792969	19,29498	96,855438	19,29498	64,087341
19,34496	8,857733	19,34496	0,45456	19,34496	1005,496094	19,34496	96,837677	19,34496	64,219536
19,39495	8,73323	19,39495	0,454599	19,39495	1004,355469	19,39495	96,769554	19,39495	62,887714
19,44494	8,824709	19,44494	0,454193	19,44494	1005,789063	19,44494	96,792419	19,44494	63,517052
19,49493	8,846592	19,49493	0,454623	19,49493	1005,878906	19,49493	96,850868	19,49493	63,628895
19,54491	8,942435	19,54491	0,453972	19,54491	1003,960938	19,54491	96,828117	19,54491	63,776257
19,5949	9,096984	19,5949	0,454125	19,5949	1004,523438	19,5949	96,736389	19,5949	65,34317
19,64489	8,933725	19,64489	0,452836	19,64489	1003,84375	19,64489	96,733742	19,64489	64,202606
19,69487	8,92221	19,69487	0,452375	19,69487	1004,421875	19,69487	96,620636	19,69487	63,982376
19,74486	8,94247	19,74486	0,45252	19,74486	1005,191406	19,74486	96,68158	19,74486	64,432228
19,79485	8,978398	19,79485	0,452968	19,79485	1004,707031	19,79485	96,78643	19,79485	64,209984
19,84483	9,19439	19,84483	0,451885	19,84483	1005,140625	19,84483	96,835083	19,84483	65,826088
19,89482	9,227809	19,89482	0,452872	19,89482	1004,398438	19,89482	96,75206	19,89482	65,884422
19,94481	9,210969	19,94481	0,451679	19,94481	1003,28125	19,94481	96,776512	19,94481	65,269882
19,9948	9,207941	19,9948	0,451804	19,9948	1005,589844	19,9948	96,92514	19,9948	65,674118
20,04478	9,130921	20,04478	0,451697	20,04478	1004,542969	20,04478	96,808983	20,04478	65,304466
20,09477	9,224961	20,09477	0,451065	20,09477	1005,09375	20,09477	96,665253	20,09477	65,667938
20,14476	9,368075	20,14476	0,451186	20,14476	1005,207031	20,14476	96,726067	20,14476	66,850128
20,19474	9,448727	20,19474	0,449867	20,19474	1003,28125	20,19474	96,780159	20,19474	66,947617
20,24473	9,52494	20,24473	0,45138	20,24473	1003,984375	20,24473	96,836929	20,24473	67,426926
20,29472	9,455027	20,29472	0,450253	20,29472	1005,390625	20,29472	96,858765	20,29472	66,942436
20,3447	9,413939	20,3447	0,449253	20,3447	1003,925781	20,3447	96,729118	20,3447	66,16124
20,39469	9,560494	20,39469	0,449216	20,39469	1006,28125	20,39469	96,663902	20,39469	67,319489
20,44468	9,613978	20,44468	0,44889	20,44468	1005,277344	20,44468	96,790268	20,44468	67,698128
20,49467	9,762744	20,49467	0,448174	20,49467	1004,523438	20,49467	96,88028	20,49467	68,297249
20,54465	9,814347	20,54465	0,448505	20,54465	1003,890625	20,54465	96,869308	20,54465	68,748215
20,59464	9,711835	20,59464	0,448266	20,59464	1004,28125	20,59464	96,818214	20,59464	67,80085
20,64463	9,741364	20,64463	0,448733	20,64463	1004,585938	20,64463	96,615471	20,64463	68,068954
20,69461	9,747276	20,69461	0,44831	20,69461	1005,660156	20,69461	96,736038	20,69461	68,217796
20,7446	9,852484	20,7446	0,447134	20,7446	1004,761719	20,7446	96,95993	20,7446	68,561584
20,79459	10,02143	20,79459	0,448191	20,79459	1004,824219	20,79459	96,90435	20,79459	69,803474
20,84457	10,03628	20,84457	0,447194	20,84457	1003,355469	20,84457	96,966942	20,84457	69,32222
20,89456	10,07828	20,89456	0,447062	20,89456	1005,261719	20,89456	97,002258	20,89456	69,88237
20,94455	10,02381	20,94455	0,446533	20,94455	1004,527344	20,94455	97,036911	20,94455	69,444618
20,99454	10,03637	20,99454	0,446216	20,99454	1004,851563	20,99454	97,163315	20,99454	69,025139
21,04452	10,17925	21,04452	0,446317	21,04452	1005,453125	21,04452	96,843712	21,04452	70,226715
21,09451	10,29248	21,09451	0,44629	21,09451	1004,222656	21,09451	96,947411	21,09451	70,800735
21,1445	10,37258	21,1445	0,445956	21,1445	1003,035156	21,1445	96,946831	21,1445	71,202553
21,19448	10,40688	21,19448	0,44535	21,19448	1005,882813	21,19448	97,05336	21,19448	71,512299
21,24447	10,34162	21,24447	0,445842	21,24447	1004,867188	21,24447	97,139732	21,24447	70,34214
21,29446	10,37788	21,29446	0,443657	21,29446	1006,855469	21,29446	97,0411	21,29446	70,756813
21,34444	10,47795	21,34444	0,445004	21,34444	1006,652344	21,34444	97,098999	21,34444	71,588295
21,39443	10,57645	21,39443	0,444591	21,39443	1004,632813	21,39443	97,260918	21,39443	71,80809
21,44442	10,71771	21,44442	0,442648	21,44442	1004,410156	21,44442	97,205215	21,44442	73,10746
21,4944	10,69033	21,4944	0,443394	21,4944	1004,808594	21,4944	97,112595	21,4944	72,884277
21,54439	10,61709	21,54439	0,443985	21,54439	1004,160156	21,54439	97,101135	21,54439	71,832436
21,59438	10,78211	21,59438	0,443097	21,59438	1006,230469	21,59438	96,912918	21,59438	73,137062
21,64437	10,84198	21,64437	0,441761	21,64437	1004,414063	21,64437	96,736984	21,64437	73,042
21,69435	10,97417	21,69435	0,441592	21,69435	1004,621094	21,69435	96,710991	21,69435	74,178375
21,74434	11,04647	21,74434	0,442556	21,74434	1003,183594	21,74434	96,819366	21,74434	74,671913
21,79433	11,00196	21,79433	0,441607	21,79433	1002,941406	21,79433	96,712502	21,79433	73,987343
21,84431	11,05986	21,84431	0,443073	21,84431	1004,597656	21,84431	96,791733	21,84431	74,570755
21,8943	10,97577	21,8943	0,441988	21,8943	1004,785156	21,8943	96,75145	21,8943	74,048012
21,94429	11,05839	21,94429	0,441721	21,94429	1004,214844	21,94429	96,800949	21,94429	74,063354
21,99427	11,17231	21,99427	0,44106	21,99427	1005,039063	21,99427	96,680267	21,99427	75,681679
22,04426	11,2453	22,04426	0,440864	22,04426	1001,933594	22,04426	96,673393	22,04426	75,526825
22,09425	11,30233	22,09425	0,440159	22,09425	1003,421875	22,09425	96,667938	22,09425	75,878578
22,14424	11,37978	22,14424	0,440945	22,14424	1004,246094	22,14424	96,592308	22,14424	76,12101

22,19422	11,28994	22,19422	0,440368	22,19422	1003,1875	22,19422	96,566109	22,19422	75,182678
22,24421	11,3991	22,24421	0,440044	22,24421	1005,152344	22,24421	96,6315	22,24421	76,170242
22,2942	11,42097	22,2942	0,439446	22,2942	1004,84375	22,2942	96,75853	22,2942	76,567833
22,34418	11,54	22,34418	0,438962	22,34418	1002,929688	22,34418	96,816429	22,34418	76,940353
22,39417	11,61545	22,39417	0,440023	22,39417	1004,445313	22,39417	96,829239	22,39417	77,735092
22,44416	11,51177	22,44416	0,438019	22,44416	1003,929688	22,44416	96,705948	22,44416	76,488983
22,49414	11,6025	22,49414	0,438723	22,49414	1004,089844	22,49414	96,656815	22,49414	77,095345
22,54413	11,65541	22,54413	0,438509	22,54413	1005,15625	22,54413	96,816269	22,54413	77,621269
22,59412	11,71736	22,59412	0,437503	22,59412	1003,667969	22,59412	96,761734	22,59412	77,520012
22,64411	11,85493	22,64411	0,436855	22,64411	1003,121094	22,64411	96,660324	22,64411	78,48317
22,69409	11,92554	22,69409	0,437024	22,69409	1002,722656	22,69409	96,5588	22,69409	78,719597
22,74408	11,93452	22,74408	0,437041	22,74408	1003,039063	22,74408	96,531143	22,74408	78,710236
22,79407	11,90049	22,79407	0,436343	22,79407	1003,476563	22,79407	96,671349	22,79407	78,630844
22,84405	11,99436	22,84405	0,436284	22,84405	1003,632813	22,84405	96,61998	22,84405	79,196693
22,89404	12,16685	22,89404	0,436072	22,89404	1003,414063	22,89404	96,410851	22,89404	80,503639
22,94403	12,31047	22,94403	0,435654	22,94403	1001,886719	22,94403	96,700615	22,94403	81,262512
22,99401	12,3818	22,99401	0,43553	22,99401	1000,875	22,99401	96,859795	22,99401	81,615356
23,044	12,4539	23,044	0,436432	23,044	1002,875	23,044	96,724014	23,044	81,438774
23,09399	12,4437	23,09399	0,434767	23,09399	1001,882813	23,09399	96,857468	23,09399	81,33049
23,14398	12,48637	23,14398	0,435162	23,14398	1002,894531	23,14398	96,826889	23,14398	81,736061
23,19396	12,68793	23,19396	0,435056	23,19396	1002,742188	23,19396	96,681892	23,19396	82,920639
23,24395	12,82	23,24395	0,435937	23,24395	1000,726563	23,24395	96,668671	23,24395	83,657555
23,29394	12,93582	23,29394	0,435115	23,29394	1001,523438	23,29394	96,758522	23,29394	84,484993
23,34392	12,89112	23,34392	0,434944	23,34392	1002,1875	23,34392	96,716248	23,34392	84,345055
23,39391	12,8705	23,39391	0,435056	23,39391	1001,191406	23,39391	96,669075	23,39391	83,62207
23,4439	12,95582	23,4439	0,43453	23,4439	1003,542969	23,4439	96,699486	23,4439	84,209854
23,49388	13,03042	23,49388	0,434211	23,49388	1002,082031	23,49388	96,681824	23,49388	84,425209
23,54387	13,22152	23,54387	0,433825	23,54387	1002,484375	23,54387	96,661453	23,54387	85,565933
23,59386	13,28654	23,59386	0,433431	23,59386	1002,148438	23,59386	96,687035	23,59386	86,413033
23,64385	13,28482	23,64385	0,433665	23,64385	1002,273438	23,64385	96,597038	23,64385	85,552521
23,69383	13,27147	23,69383	0,434714	23,69383	1003,292969	23,69383	96,712898	23,69383	85,854225
23,74382	13,31204	23,74382	0,433773	23,74382	1004,128906	23,74382	96,755508	23,74382	86,052971
23,79381	13,44922	23,79381	0,433236	23,79381	1002,929688	23,79381	96,716751	23,79381	86,56192
23,84379	13,62223	23,84379	0,432711	23,84379	1003,851563	23,84379	96,802361	23,84379	88,443581
23,89378	13,66654	23,89378	0,43425	23,89378	1001,410156	23,89378	96,750099	23,89378	87,594124
23,94377	13,74386	23,94377	0,433158	23,94377	1003,410156	23,94377	96,705009	23,94377	88,023247
23,99375	13,68928	23,99375	0,433382	23,99375	1001,734375	23,99375	96,7463	23,99375	88,250847
24,04374	13,69609	24,04374	0,433023	24,04374	1002,003906	24,04374	96,778618	24,04374	88,069466
24,09373	13,89543	24,09373	0,433201	24,09373	1003,5	24,09373	96,530617	24,09373	89,587303
24,14372	13,99162	24,14372	0,433135	24,14372	1002,878906	24,14372	96,700432	24,14372	90,258255
24,1937	14,10617	24,1937	0,431793	24,1937	1000,917969	24,1937	96,875313	24,1937	90,356522
24,24369	14,22268	24,24369	0,431352	24,24369	1004,265625	24,24369	96,982445	24,24369	91,332436
24,29368	14,15688	24,29368	0,43157	24,29368	1003,199219	24,29368	96,965157	24,29368	90,709938
24,34366	14,17227	24,34366	0,431537	24,34366	1004,511719	24,34366	96,789734	24,34366	90,245667
24,39365	14,31756	24,39365	0,432047	24,39365	1005,246094	24,39365	96,645164	24,39365	91,305489
24,44364	14,47029	24,44364	0,431273	24,44364	1002,847656	24,44364	96,691826	24,44364	92,057121
24,49362	14,62576	24,49362	0,432233	24,49362	1002,277344	24,49362	96,720985	24,49362	93,52356
24,54361	14,74133	24,54361	0,432022	24,54361	1003,675781	24,54361	96,750298	24,54361	93,52581
24,5936	14,75714	24,5936	0,430853	24,5936	1002,425781	24,5936	96,664513	24,5936	93,084618
24,64359	14,76889	24,64359	0,43025	24,64359	1004,378906	24,64359	96,649406	24,64359	93,42437
24,69357	14,76351	24,69357	0,429446	24,69357	1003,902344	24,69357	96,664177	24,69357	93,371567
24,74356	14,95919	24,74356	0,429755	24,74356	1003,265625	24,74356	96,636963	24,74356	94,737045
24,79355	15,07795	24,79355	0,429265	24,79355	1002,058594	24,79355	96,701004	24,79355	95,973366
24,84353	15,11044	24,84353	0,428972	24,84353	1002,113281	24,84353	96,606026	24,84353	95,623558
24,89352	15,14786	24,89352	0,428776	24,89352	1002,558594	24,89352	96,521873	24,89352	95,616043
24,94351	15,09809	24,94351	0,428799	24,94351	1003,039063	24,94351	96,503174	24,94351	95,173622
24,99349	15,22296	24,99349	0,429115	24,99349	1002,863281	24,99349	96,693001	24,99349	95,979965
25,04348	15,45153	25,04348	0,429502	25,04348	1002,90625	25,04348	96,661255	25,04348	97,980743
25,09347	15,56729	25,09347	0,428699	25,09347	1000,890625	25,09347	96,431854	25,09347	98,246552
25,14346	15,69496	25,14346	0,429521	25,14346	1002,457031	25,14346	96,456779	25,14346	99,367531
25,19344	15,73592	25,19344	0,429071	25,19344	1002,128906	25,19344	96,358025	25,19344	99,064339
25,24343	15,77378	25,24343	0,428585	25,24343	1002,339844	25,24343	96,366585	25,24343	98,851372
25,29342	15,88832	25,29342	0,428876	25,29342	1004,003906	25,29342	96,316353	25,29342	100,02542
25,3434	15,97103	25,3434	0,427849	25,3434	1002,914063	25,3434	96,437248	25,3434	100,52401

25,39339	16,17673	25,39339	0,427817	25,39339	1002,109375	25,39339	96,598549	25,39339	101,60206
25,44338	16,21163	25,44338	0,427844	25,44338	1003,59375	25,44338	96,592354	25,44338	101,74805
25,49336	16,27273	25,49336	0,427959	25,49336	1002,550781	25,49336	96,549683	25,49336	101,86421
25,54335	16,35006	25,54335	0,427123	25,54335	1003,617188	25,54335	96,699921	25,54335	102,35348
25,59334	16,37938	25,59334	0,425933	25,59334	1003,332031	25,59334	96,592567	25,59334	101,95734
25,64333	16,43906	25,64333	0,427653	25,64333	1002,09375	25,64333	96,616516	25,64333	102,05457
25,69331	16,65022	25,69331	0,42758	25,69331	1002,355469	25,69331	96,500839	25,69331	104,19871
25,7433	16,69634	25,7433	0,426731	25,7433	1001,722656	25,7433	96,310654	25,7433	103,97076
25,79329	16,80653	25,79329	0,426609	25,79329	1002,679688	25,79329	96,23307	25,79329	104,46561
25,84327	16,77712	25,84327	0,427294	25,84327	1003,792969	25,84327	96,327332	25,84327	104,37594
25,89326	16,79681	25,89326	0,426525	25,89326	1003,257813	25,89326	96,305183	25,89326	104,03303
25,94325	16,98997	25,94325	0,426907	25,94325	1003,945313	25,94325	96,372208	25,94325	105,75163
25,99323	17,06968	25,99323	0,426101	25,99323	1002,476563	25,99323	96,358513	25,99323	106,17403
26,04322	17,15616	26,04322	0,424175	26,04322	1001,625	26,04322	96,441399	26,04322	106,23423
26,09321	17,23024	26,09321	0,425632	26,09321	1003,828125	26,09321	96,400444	26,09321	107,18927
26,14319	17,26037	26,14319	0,426331	26,14319	1003,472656	26,14319	96,476135	26,14319	106,83039
26,19318	17,3611	26,19318	0,42446	26,19318	1004,417969	26,19318	96,4207	26,19318	107,71972
26,24317	17,44203	26,24317	0,424888	26,24317	1004,574219	26,24317	96,409363	26,24317	108,71996
26,29316	17,50999	26,29316	0,42549	26,29316	1002,121094	26,29316	96,464439	26,29316	108,92397
26,34314	17,71407	26,34314	0,423665	26,34314	1003,285156	26,34314	96,600647	26,34314	110,37509
26,39313	17,71822	26,39313	0,424367	26,39313	1004,273438	26,39313	96,586052	26,39313	109,93804
26,44312	17,68359	26,44312	0,42439	26,44312	1002,796875	26,44312	96,624168	26,44312	109,15038
26,4931	17,78868	26,4931	0,423748	26,4931	1005,066406	26,4931	96,432739	26,4931	110,44731
26,54309	17,79899	26,54309	0,423831	26,54309	1003,351563	26,54309	96,447647	26,54309	110,05424
26,59308	17,95531	26,59308	0,424933	26,59308	1002,335938	26,59308	96,520134	26,59308	111,16709
26,64306	18,07356	26,64306	0,423071	26,64306	1003	26,64306	96,520836	26,64306	111,89585
26,69305	18,12337	26,69305	0,424204	26,69305	1003,097656	26,69305	96,344612	26,69305	111,78876
26,74304	18,0854	26,74304	0,424265	26,74304	1003,363281	26,74304	96,426422	26,74304	111,83165
26,79303	18,12602	26,79303	0,424161	26,79303	1004,757813	26,79303	96,374924	26,79303	111,70332
26,84301	18,61264	26,84301	0,422998	26,84301	1002,976563	26,84301	96,455688	26,84301	114,03124
26,893	18,95615	26,893	0,423059	26,893	1001,859375	26,893	96,42337	26,893	116,50389
26,94299	18,94221	26,94299	0,423845	26,94299	999,8867188	26,94299	96,224182	26,94299	116,20112
26,99297	18,94343	26,99297	0,422806	26,99297	1001,007813	26,99297	96,078865	26,99297	116,15396
27,04296	18,91491	27,04296	0,423785	27,04296	1000,570313	27,04296	96,093636	27,04296	116,36137
27,09295	18,94036	27,09295	0,423634	27,09295	1001,371094	27,09295	96,371529	27,09295	116,35604
27,14293	19,0228	27,14293	0,424181	27,14293	1002,121094	27,14293	96,441681	27,14293	117,42012
27,19292	19,07739	27,19292	0,422972	27,19292	1001,484375	27,19292	96,393158	27,19292	117,32826
27,24291	19,1265	27,24291	0,423609	27,24291	1001,632813	27,24291	96,386169	27,24291	117,35215
27,2929	19,16272	27,2929	0,422698	27,2929	1003,503906	27,2929	96,290611	27,2929	117,48428
27,34288	19,07346	27,34288	0,42279	27,34288	1002,496094	27,34288	96,361954	27,34288	116,814
27,39287	19,1315	27,39287	0,424075	27,39287	1004,800781	27,39287	96,401649	27,39287	117,11983
27,44286	19,17031	27,44286	0,424103	27,44286	1004,925781	27,44286	96,608307	27,44286	117,15869
27,49284	19,2958	27,49284	0,422503	27,49284	1004,222656	27,49284	96,624405	27,49284	117,85044
27,54283	19,39611	27,54283	0,423087	27,54283	1004,96875	27,54283	96,722824	27,54283	118,63074
27,59282	19,32512	27,59282	0,423162	27,59282	1005,359375	27,59282	96,716194	27,59282	117,49464
27,6428	19,31049	27,6428	0,422522	27,6428	1005,40625	27,6428	96,798889	27,6428	117,85795
27,69279	19,29375	27,69279	0,422823	27,69279	1007,097656	27,69279	96,941811	27,69279	118,32115
27,74278	19,27415	27,74278	0,422398	27,74278	1005,625	27,74278	96,854019	27,74278	117,53936
27,79277	19,40865	27,79277	0,421726	27,79277	1005,832031	27,79277	96,891708	27,79277	119,05115
27,84275	19,39295	27,84275	0,421255	27,84275	1004,574219	27,84275	96,710434	27,84275	119,00826
27,89274	19,3838	27,89274	0,420772	27,89274	1004,824219	27,89274	96,706726	27,89274	118,72845
27,94273	19,40071	27,94273	0,420382	27,94273	1006,191406	27,94273	96,807594	27,94273	119,13632
27,99271	19,25974	27,99271	0,420004	27,99271	1005,707031	27,99271	96,688576	27,99271	117,91384
28,0427	19,27421	28,0427	0,421131	28,0427	1005,578125	28,0427	96,849098	28,0427	118,10051
28,09269	19,36814	28,09269	0,420186	28,09269	1006,597656	28,09269	96,719543	28,09269	118,74915
28,14267	19,30875	28,14267	0,421133	28,14267	1003,542969	28,14267	96,636681	28,14267	118,75169
28,19266	19,41616	28,19266	0,419558	28,19266	1005,222656	28,19266	96,64653	28,19266	119,16879
28,24265	19,3334	28,24265	0,420128	28,24265	1005,316406	28,24265	96,494484	28,24265	118,61118
28,29264	19,29815	28,29264	0,419419	28,29264	1004,566406	28,29264	96,481926	28,29264	118,38126
28,34262	19,30592	28,34262	0,420497	28,34262	1006,261719	28,34262	96,498093	28,34262	118,81641
28,39261	19,31072	28,39261	0,418851	28,39261	1004,984375	28,39261	96,642288	28,39261	118,51601
28,4426	19,41795	28,4426	0,419369	28,4426	1003,332031	28,4426	96,776299	28,4426	119,86785
28,49258	19,40291	28,49258	0,41994	28,49258	1005,515625	28,49258	96,846489	28,49258	120,24914
28,54257	19,29444	28,54257	0,419298	28,54257	1004,523438	28,54257	96,757545	28,54257	118,83115

28,59256	19,321	28,59256	0,419744	28,59256	1005,230469	28,59256	96,76355	28,59256	119,18945
28,64254	19,27247	28,64254	0,41925	28,64254	1006,808594	28,64254	96,924683	28,64254	118,87241
28,69253	19,30765	28,69253	0,418735	28,69253	1005,550781	28,69253	96,721306	28,69253	118,52821
28,74252	19,36755	28,74252	0,418524	28,74252	1005,550781	28,74252	96,730484	28,74252	119,58022
28,79251	19,07826	28,79251	0,418368	28,79251	1005,273438	28,79251	96,84948	28,79251	117,64894
28,84249	19,29266	28,84249	0,418299	28,84249	1005,597656	28,84249	96,704941	28,84249	118,66938
28,89248	19,36798	28,89248	0,418234	28,89248	1006,496094	28,89248	96,590942	28,89248	119,56763
28,94247	19,32893	28,94247	0,418338	28,94247	1006,425781	28,94247	96,694	28,94247	119,31416
28,99245	19,37521	28,99245	0,417951	28,99245	1005,714844	28,99245	96,790497	28,99245	119,60453
29,04244	19,3662	29,04244	0,417221	29,04244	1004,480469	29,04244	96,706589	29,04244	120,19027
29,09243	19,32723	29,09243	0,417713	29,09243	1003,578125	29,09243	96,604797	29,09243	119,7601
29,14241	19,31282	29,14241	0,416768	29,14241	1005,292969	29,14241	96,613373	29,14241	119,52182
29,1924	19,27705	29,1924	0,41686	29,1924	1005,332031	29,1924	96,657127	29,1924	119,13275
29,24239	19,29723	29,24239	0,417849	29,24239	1006,277344	29,24239	96,801132	29,24239	119,15131
29,29238	19,37444	29,29238	0,417601	29,29238	1006,917969	29,29238	96,794647	29,29238	119,86761
29,34236	19,38473	29,34236	0,41712	29,34236	1005,207031	29,34236	96,74012	29,34236	120,03489
29,39235	19,4272	29,39235	0,417103	29,39235	1005,234375	29,39235	96,922844	29,39235	120,48737
29,44234	19,40397	29,44234	0,416986	29,44234	1005,800781	29,44234	96,837341	29,44234	121,01457
29,49232	19,32641	29,49232	0,416638	29,49232	1005,519531	29,49232	96,795746	29,49232	119,82844
29,54231	19,36312	29,54231	0,416386	29,54231	1007,203125	29,54231	96,966232	29,54231	120,14848
29,5923	19,32117	29,5923	0,416523	29,5923	1006,667969	29,5923	96,879784	29,5923	119,56886
29,64228	19,43564	29,64228	0,416906	29,64228	1006,390625	29,64228	96,821999	29,64228	120,93288
29,69227	19,44418	29,69227	0,41418	29,69227	1005,730469	29,69227	97,098846	29,69227	121,36523
29,74226	19,38164	29,74226	0,414814	29,74226	1005,394531	29,74226	97,130615	29,74226	120,43574
29,79225	19,36292	29,79225	0,414631	29,79225	1006,101563	29,79225	97,02758	29,79225	120,8864
29,84223	19,32101	29,84223	0,41536	29,84223	1006,527344	29,84223	96,92807	29,84223	120,04636
29,89222	19,37788	29,89222	0,415089	29,89222	1006,980469	29,89222	96,718323	29,89222	120,20086
29,94221	19,45318	29,94221	0,415052	29,94221	1007,785156	29,94221	96,851021	29,94221	121,29124
29,99219	19,44566	29,99219	0,415242	29,99219	1005,609375	29,99219	97,056396	29,99219	121,12202
30,04218	19,47216	30,04218	0,414816	30,04218	1006,816406	30,04218	97,083008	30,04218	121,48317
30,09217	19,44887	30,09217	0,415383	30,09217	1007,640625	30,09217	97,131157	30,09217	121,42799
30,14215	19,40638	30,14215	0,415059	30,14215	1006,65625	30,14215	96,92308	30,14215	120,49811
30,19214	19,51349	30,19214	0,414204	30,19214	1008,058594	30,19214	96,952156	30,19214	121,549
30,24213	19,46714	30,24213	0,415085	30,24213	1006,664063	30,24213	96,99295	30,24213	120,91015
30,29211	19,40799	30,29211	0,413221	30,29211	1004,753906	30,29211	96,948822	30,29211	120,99051
30,3421	19,37731	30,3421	0,413552	30,3421	1006,984375	30,3421	96,884521	30,3421	121,63541
30,39209	19,34852	30,39209	0,414112	30,39209	1006,117188	30,39209	96,930542	30,39209	120,57957
30,44208	19,42078	30,44208	0,412725	30,44208	1006	30,44208	97,061768	30,44208	120,9268
30,49206	19,4274	30,49206	0,414389	30,49206	1007,847656	30,49206	97,039444	30,49206	121,66238
30,54205	19,40073	30,54205	0,414405	30,54205	1005,351563	30,54205	96,836212	30,54205	120,86768
30,59204	19,51264	30,59204	0,413587	30,59204	1005,167969	30,59204	96,88282	30,59204	122,15571
30,64202	19,50258	30,64202	0,413881	30,64202	1005,050781	30,64202	96,952858	30,64202	122,56606
30,69201	19,53936	30,69201	0,413161	30,69201	1004,359375	30,69201	96,664459	30,69201	121,89832
30,742	19,63241	30,742	0,41321	30,742	1005,304688	30,742	96,744423	30,742	122,64184
30,79198	19,68735	30,79198	0,412255	30,79198	1005,210938	30,79198	96,833923	30,79198	122,78258
30,84197	19,87404	30,84197	0,413051	30,84197	1004,339844	30,84197	96,784882	30,84197	123,62044
30,89196	20,09695	30,89196	0,412924	30,89196	1004,222656	30,89196	96,804146	30,89196	125,36333
30,94195	19,96983	30,94195	0,412334	30,94195	1002,507813	30,94195	96,748016	30,94195	124,44128
30,99193	19,98316	30,99193	0,413775	30,99193	1004,238281	30,99193	96,70681	30,99193	124,87312
31,04192	20,0855	31,04192	0,413034	31,04192	1004,164063	31,04192	96,566963	31,04192	124,95982
31,09191	20,19156	31,09191	0,412453	31,09191	1003,976563	31,09191	96,602554	31,09191	125,36179
31,14189	20,48979	31,14189	0,41289	31,14189	1004,238281	31,14189	96,516304	31,14189	127,21136
31,19188	20,69221	31,19188	0,412614	31,19188	1001,96875	31,19188	96,544769	31,19188	128,09659
31,24187	20,96627	31,24187	0,412316	31,24187	1000,28125	31,24187	96,461479	31,24187	129,66574
31,29185	21,13437	31,29185	0,412571	31,29185	1001,578125	31,29185	96,390701	31,29185	130,7478
31,34184	21,25176	31,34184	0,4121	31,34184	999,7734375	31,34184	96,447746	31,34184	130,76796
31,39183	21,44212	31,39183	0,412711	31,39183	1000,4375	31,39183	96,199829	31,39183	132,19797
31,44182	21,75697	31,44182	0,412892	31,44182	1000,304688	31,44182	96,120834	31,44182	133,64615
31,4918	22,08085	31,4918	0,411931	31,4918	998,5859375	31,4918	95,956512	31,4918	135,38861
31,54179	22,45671	31,54179	0,412379	31,54179	998,2695313	31,54179	95,990555	31,54179	137,05681
31,59178	22,81122	31,59178	0,411694	31,59178	998,4492188	31,59178	95,829689	31,59178	138,14
31,64176	23,15354	31,64176	0,411927	31,64176	997,8046875	31,64176	95,852608	31,64176	140,24866
31,69175	23,44739	31,69175	0,412658	31,69175	997,84375	31,69175	95,748596	31,69175	142,10727
31,74174	23,80807	31,74174	0,411628	31,74174	996,1484375	31,74174	95,673347	31,74174	143,98763

31,79172	24,15126	31,79172	0,411697	31,79172	995,3398438	31,79172	95,543945	31,79172	146,36554
31,84171	24,36179	31,84171	0,412624	31,84171	993,9453125	31,84171	95,464569	31,84171	147,07269
31,8917	24,63966	31,8917	0,413509	31,8917	995,6015625	31,8917	95,160271	31,8917	147,77647
31,94169	24,82577	31,94169	0,412212	31,94169	996,515625	31,94169	95,150925	31,94169	147,86902
31,99167	25,06163	31,99167	0,411194	31,99167	996,7070313	31,99167	95,346268	31,99167	149,10243
32,04166	25,31328	32,04166	0,413343	32,04166	997,8554688	32,04166	95,366768	32,04166	150,45004
32,09165	25,53374	32,09165	0,41233	32,09165	997,1640625	32,09165	95,297249	32,09165	151,51506
32,14163	25,74554	32,14163	0,4134	32,14163	996,8671875	32,14163	95,447784	32,14163	152,31792
32,19162	25,96072	32,19162	0,413165	32,19162	999,4765625	32,19162	95,346268	32,19162	153,00087
32,24161	26,00696	32,24161	0,412323	32,24161	998,7460938	32,24161	95,281334	32,24161	153,17416
32,29159	26,29546	32,29159	0,412509	32,29159	1000,304688	32,29159	95,323547	32,29159	155,00781
32,34158	26,41652	32,34158	0,41254	32,34158	1001	32,34158	95,564865	32,34158	156,14046
32,39157	26,64518	32,39157	0,411689	32,39157	998,4765625	32,39157	95,524506	32,39157	157,00085
32,44156	26,86846	32,44156	0,412239	32,44156	1000,28125	32,44156	95,630615	32,44156	157,7916
32,49154	27,1468	32,49154	0,411915	32,49154	1000,78125	32,49154	95,602661	32,49154	158,79674
32,54153	27,50271	32,54153	0,413168	32,54153	998,9804688	32,54153	95,622879	32,54153	160,44856
32,59152	27,65194	32,59152	0,412468	32,59152	1001,191406	32,59152	95,528221	32,59152	162,35362
32,6415	27,5379	32,6415	0,412132	32,6415	1000,726563	32,6415	95,500336	32,6415	161,4415
32,69149	27,55001	32,69149	0,41273	32,69149	1001,023438	32,69149	95,457481	32,69149	161,19334
32,74148	27,65206	32,74148	0,412562	32,74148	1002,503906	32,74148	95,48494	32,74148	162,33089
32,79146	27,69929	32,79146	0,412551	32,79146	1002,292969	32,79146	95,498947	32,79146	161,18532
32,84145	27,82151	32,84145	0,411962	32,84145	1003,113281	32,84145	95,562119	32,84145	162,63367
32,89144	27,80132	32,89144	0,411054	32,89144	1003,886719	32,89144	95,606537	32,89144	162,95494
32,94143	27,89425	32,94143	0,411452	32,94143	1002,652344	32,94143	95,794014	32,94143	163,39757
32,99141	28,04268	32,99141	0,411528	32,99141	1003,019531	32,99141	95,879494	32,99141	164,06766
33,0414	28,06999	33,0414	0,41134	33,0414	1002,332031	33,0414	95,849564	33,0414	164,08267
33,09139	28,05345	33,09139	0,411261	33,09139	1000,636719	33,09139	95,773087	33,09139	163,68246
33,14137	27,81344	33,14137	0,411299	33,14137	998,9804688	33,14137	95,528709	33,14137	161,61299
33,19136	27,89471	33,19136	0,412432	33,19136	997,8710938	33,19136	95,234062	33,19136	162,00745
33,24135	27,95767	33,24135	0,412443	33,24135	997,6953125	33,24135	95,33905	33,24135	163,00142
33,29133	28,01409	33,29133	0,411848	33,29133	997,0507813	33,29133	95,218277	33,29133	163,50645
33,34132	28,10124	33,34132	0,412272	33,34132	997,0664063	33,34132	95,25808	33,34132	163,74915
33,39131	28,15442	33,39131	0,412186	33,39131	998,9609375	33,39131	95,27301	33,39131	164,09663
33,4413	28,19086	33,4413	0,412228	33,4413	995,9609375	33,4413	95,413811	33,4413	163,31142
33,49128	28,08411	33,49128	0,41261	33,49128	994,5351563	33,49128	95,470001	33,49128	163,29825
33,54127	28,04964	33,54127	0,412529	33,54127	992,6054688	33,54127	95,136726	33,54127	163,32578
33,59126	28,13075	33,59126	0,4121	33,59126	991,2578125	33,59126	94,726501	33,59126	164,07849
33,64124	28,19549	33,64124	0,412594	33,64124	993,0859375	33,64124	94,682831	33,64124	164,3902
33,69123	28,18875	33,69123	0,412454	33,69123	994,28125	33,69123	94,730545	33,69123	164,10994
33,74122	28,33052	33,74122	0,413461	33,74122	996,09375	33,74122	94,788399	33,74122	165,07381
33,7912	28,46471	33,7912	0,413257	33,7912	998,0546875	33,7912	94,936333	33,7912	166,32079
33,84119	28,68505	33,84119	0,413311	33,84119	998,0820313	33,84119	95,099472	33,84119	167,5152
33,89118	28,85568	33,89118	0,413074	33,89118	999,0195313	33,89118	95,123482	33,89118	168,99117
33,94117	28,88935	33,94117	0,412343	33,94117	998,921875	33,94117	95,29615	33,94117	169,31024
33,99115	28,94767	33,99115	0,412792	33,99115	999,9882813	33,99115	95,382355	33,99115	169,61362
34,04114	29,03293	34,04114	0,412339	34,04114	1001,75	34,04114	95,341019	34,04114	170,44073
34,09113	29,12946	34,09113	0,412594	34,09113	1000,664063	34,09113	95,413864	34,09113	171,53423
34,14111	29,24283	34,14111	0,412423	34,14111	1001,324219	34,14111	95,59568	34,14111	172,68333
34,1911	29,253	34,1911	0,412909	34,1911	1001,058594	34,1911	95,738441	34,1911	172,77046
34,24109	29,34496	34,24109	0,412946	34,24109	1001,332031	34,24109	95,718422	34,24109	171,84856
34,29107	29,43895	34,29107	0,412907	34,29107	1003,867188	34,29107	95,637779	34,29107	172,97406
34,34106	29,47229	34,34106	0,412191	34,34106	1004,425781	34,34106	95,744316	34,34106	173,00601
34,39105	29,5794	34,39105	0,412625	34,39105	1005,335938	34,39105	95,670074	34,39105	173,03917
34,44103	29,62064	34,44103	0,412409	34,44103	1006,113281	34,44103	95,826706	34,44103	173,61748
34,49102	29,46583	34,49102	0,412245	34,49102	1000,046875	34,49102	96,04657	34,49102	171,69824
34,54101	29,12361	34,54101	0,411252	34,54101	994,7226563	34,54101	95,799515	34,54101	168,4688
34,591	28,85383	34,591	0,413302	34,591	992,8828125	34,591	95,440933	34,591	166,19504
34,64098	28,78748	34,64098	0,412806	34,64098	991,0195313	34,64098	95,000656	34,64098	165,6068
34,69097	28,83187	34,69097	0,412542	34,69097	993,4335938	34,69097	94,79863	34,69097	166,99309
34,74096	28,86581	34,74096	0,413216	34,74096	993,3632813	34,74096	94,737457	34,74096	167,42183
34,79094	28,9454	34,79094	0,412115	34,79094	992,9804688	34,79094	94,730019	34,79094	168,23978
34,84093	28,99393	34,84093	0,413131	34,84093	996,046875	34,84093	94,965454	34,84093	169,00172
34,89092	29,01566	34,89092	0,412754	34,89092	996,4726563	34,89092	95,104607	34,89092	168,24042
34,9409	29,13747	34,9409	0,412977	34,9409	998,5820313	34,9409	95,03614	34,9409	169,41846

34,99089	29,21249	34,99089	0,413185	34,99089	1000,054688	34,99089	95,033554	34,99089	170,67889
35,04088	29,15658	35,04088	0,414046	35,04088	1000,460938	35,04088	95,282661	35,04088	169,71072
35,09087	29,27362	35,09087	0,414555	35,09087	1001,015625	35,09087	95,432129	35,09087	171,13849
35,14085	29,29395	35,14085	0,413983	35,14085	1001,09375	35,14085	95,397156	35,14085	171,17398
35,19084	29,31664	35,19084	0,414544	35,19084	1002,464844	35,19084	95,386063	35,19084	170,81317
35,24083	29,35177	35,24083	0,41344	35,24083	1003,878906	35,24083	95,633286	35,24083	172,27748
35,29081	29,41406	35,29081	0,412973	35,29081	1003,878906	35,29081	95,796036	35,29081	172,36897
35,3408	29,39301	35,3408	0,413211	35,3408	1004,085938	35,3408	95,675667	35,3408	172,25681
35,39079	29,45781	35,39079	0,413953	35,39079	1002,90625	35,39079	95,65329	35,39079	172,3856
35,44077	29,47398	35,44077	0,41353	35,44077	1003,53125	35,44077	95,647377	35,44077	172,55496
35,49076	29,47911	35,49076	0,412641	35,49076	1004,664063	35,49076	95,814751	35,49076	172,85684
35,54075	29,45652	35,54075	0,415383	35,54075	1004,992188	35,54075	95,716049	35,54075	171,90753
35,59074	29,52979	35,59074	0,412773	35,59074	1006,640625	35,59074	95,771614	35,59074	171,93755
35,64072	29,56314	35,64072	0,413499	35,64072	1006,675781	35,64072	95,966614	35,64072	171,66884
35,69071	29,58176	35,69071	0,413149	35,69071	1005,257813	35,69071	96,014603	35,69071	172,31508
35,7407	29,62002	35,7407	0,412747	35,7407	1006,21875	35,7407	96,085503	35,7407	172,80887
35,79068	29,52738	35,79068	0,412831	35,79068	1006,378906	35,79068	95,983994	35,79068	171,56314
35,84067	29,57208	35,84067	0,413566	35,84067	1006,46875	35,84067	95,94323	35,84067	172,24796
35,89066	29,59727	35,89066	0,412865	35,89066	1007,800781	35,89066	95,931892	35,89066	173,32961
35,94064	29,54353	35,94064	0,412563	35,94064	1005,609375	35,94064	96,029823	35,94064	173,09187
35,99063	29,59782	35,99063	0,412891	35,99063	1005,140625	35,99063	96,008957	35,99063	173,5177
36,04062	29,53047	36,04062	0,412869	36,04062	1005,15625	36,04062	95,98246	36,04062	172,97372
36,09061	29,50678	36,09061	0,413262	36,09061	1005,269531	36,09061	95,911751	36,09061	172,67903
36,14059	29,5484	36,14059	0,412426	36,14059	1006,304688	36,14059	96,003418	36,14059	173,6982
36,19058	29,50143	36,19058	0,413201	36,19058	1005,96875	36,19058	96,045227	36,19058	173,29048
36,24057	29,53566	36,24057	0,413343	36,24057	1005,507813	36,24057	96,167458	36,24057	172,75336
36,29055	29,55866	36,29055	0,413445	36,29055	1005,957031	36,29055	96,177925	36,29055	173,22067
36,34054	29,49643	36,34054	0,414246	36,34054	1003,628906	36,34054	96,093666	36,34054	172,74136
36,39053	29,4954	36,39053	0,412898	36,39053	1005,246094	36,39053	95,868355	36,39053	173,2937
36,44051	29,47347	36,44051	0,413255	36,44051	1005,765625	36,44051	95,795898	36,44051	172,72078
36,4905	29,48759	36,4905	0,414108	36,4905	1005,179688	36,4905	95,841194	36,4905	173,63875
36,54049	29,56524	36,54049	0,411969	36,54049	1006,789063	36,54049	95,799332	36,54049	173,33403
36,59048	29,54876	36,59048	0,412012	36,59048	1005,6875	36,59048	95,829216	36,59048	173,21082
36,64046	29,56247	36,64046	0,412932	36,64046	1004,386719	36,64046	96,026108	36,64046	173,09967
36,69045	29,52014	36,69045	0,413122	36,69045	1006,898438	36,69045	95,993309	36,69045	173,11183
36,74044	29,46934	36,74044	0,414035	36,74044	1005,421875	36,74044	96,047958	36,74044	172,08472
36,79042	29,50296	36,79042	0,412492	36,79042	1006,125	36,79042	96,007172	36,79042	173,30432
36,84041	29,51622	36,84041	0,411895	36,84041	1007,078125	36,84041	96,183891	36,84041	173,56261
36,8904	29,50689	36,8904	0,412668	36,8904	1005,101563	36,8904	96,183083	36,8904	173,18578
36,94038	29,59886	36,94038	0,413009	36,94038	1004,757813	36,94038	96,050621	36,94038	173,89952
36,99037	29,4558	36,99037	0,411333	36,99037	1004,890625	36,99037	95,890541	36,99037	174,81476
37,04036	29,41691	37,04036	0,412023	37,04036	1004,242188	37,04036	95,813522	37,04036	173,23944
37,09035	29,48922	37,09035	0,412071	37,09035	1005,859375	37,09035	95,804955	37,09035	174,08762
37,14033	29,45494	37,14033	0,412671	37,14033	1005,011719	37,14033	95,831833	37,14033	173,97134
37,19032	29,46799	37,19032	0,412226	37,19032	1004,054688	37,19032	95,886169	37,19032	174,66072
37,24031	29,46469	37,24031	0,412289	37,24031	1003,691406	37,24031	95,969727	37,24031	174,91965
37,29029	29,4613	37,29029	0,412687	37,29029	1004,5625	37,29029	95,825691	37,29029	174,19092
37,34028	29,54491	37,34028	0,413407	37,34028	1005,898438	37,34028	95,762215	37,34028	174,02658
37,39027	29,56182	37,39027	0,412541	37,39027	1006,570313	37,39027	96,10585	37,39027	174,23051
37,44025	29,63479	37,44025	0,411868	37,44025	1007,183594	37,44025	96,206421	37,44025	174,49115
37,49024	29,7083	37,49024	0,412226	37,49024	1007,078125	37,49024	96,154564	37,49024	176,0276
37,54023	29,77369	37,54023	0,410711	37,54023	1005,355469	37,54023	96,214897	37,54023	175,67357
37,59022	29,88998	37,59022	0,410865	37,59022	1005,21875	37,59022	96,094223	37,59022	176,32312
37,6402	29,95175	37,6402	0,41185	37,6402	1005,207031	37,6402	95,992653	37,6402	176,72142
37,69019	30,11799	37,69019	0,412927	37,69019	1004,425781	37,69019	95,946365	37,69019	176,45779
37,74018	30,29779	37,74018	0,411172	37,74018	1004,863281	37,74018	95,829712	37,74018	178,30154
37,79016	30,44648	37,79016	0,412255	37,79016	1003,261719	37,79016	95,788742	37,79016	178,84874
37,84015	30,58405	37,84015	0,412459	37,84015	1002,164063	37,84015	95,578812	37,84015	179,27632
37,89014	30,71681	37,89014	0,411287	37,89014	1002,460938	37,89014	95,653519	37,89014	179,6862
37,94012	30,78979	37,94012	0,410972	37,94012	1001,839844	37,94012	95,776688	37,94012	180,06627
37,99011	30,85094	37,99011	0,411691	37,99011	1002,652344	37,99011	95,731247	37,99011	180,0123
38,0401	31,00828	38,0401	0,413015	38,0401	1003,496094	38,0401	95,467918	38,0401	180,78429
38,09009	31,19029	38,09009	0,412451	38,09009	1002,597656	38,09009	95,589027	38,09009	181,89191
38,14007	31,32685	38,14007	0,412532	38,14007	1002,34375	38,14007	95,745514	38,14007	183,41885

38,19006	31,39699	38,19006	0,412488	38,19006	1000,851563	38,19006	95,592331	38,19006	183,68492
38,24005	31,49695	38,24005	0,412335	38,24005	1002,109375	38,24005	95,600113	38,24005	183,27943
38,29003	31,61721	38,29003	0,412678	38,29003	1002,882813	38,29003	95,638412	38,29003	183,9826
38,34002	31,68303	38,34002	0,412117	38,34002	1002,285156	38,34002	95,612679	38,34002	184,86192
38,39001	31,86416	38,39001	0,412851	38,39001	1002,894531	38,39001	95,592232	38,39001	186,44753
38,43999	31,98321	38,43999	0,413089	38,43999	1001,9375	38,43999	95,656227	38,43999	186,8093
38,48998	32,05709	38,48998	0,412515	38,48998	1001,292969	38,48998	95,640144	38,48998	186,45244
38,53997	32,18612	38,53997	0,411877	38,53997	1003,863281	38,53997	95,557617	38,53997	186,86121
38,58995	32,29496	38,58995	0,411647	38,58995	1003,066406	38,58995	95,694962	38,58995	187,50981
38,63994	32,49591	38,63994	0,412176	38,63994	1003,453125	38,63994	95,653053	38,63994	189,7554
38,68993	32,64898	38,68993	0,412246	38,68993	1004,53125	38,68993	95,556648	38,68993	190,36832
38,73992	32,76987	38,73992	0,412696	38,73992	1001,582031	38,73992	95,426773	38,73992	190,61368
38,7899	32,91996	38,7899	0,412726	38,7899	1001,804688	38,7899	95,582344	38,7899	191,87228
38,83989	33,0141	38,83989	0,411853	38,83989	1003,078125	38,83989	95,684814	38,83989	191,65652
38,88988	33,16418	38,88988	0,412376	38,88988	1001,722656	38,88988	95,410751	38,88988	192,02621
38,93986	33,36555	38,93986	0,411743	38,93986	1003,464844	38,93986	95,410103	38,93986	193,92326
38,98985	33,48404	38,98985	0,413041	38,98985	1002,375	38,98985	95,391449	38,98985	193,99878
39,03984	33,71772	39,03984	0,412207	39,03984	1000,925781	39,03984	95,211578	39,03984	195,75125
39,08982	33,84422	39,08982	0,411178	39,08982	1001,089844	39,08982	95,200127	39,08982	196,61279
39,13981	33,93052	39,13981	0,411735	39,13981	1000,589844	39,13981	95,347969	39,13981	196,41452
39,1898	33,98749	39,1898	0,411895	39,1898	1001,347656	39,1898	95,356697	39,1898	195,69397
39,23979	34,22108	39,23979	0,412814	39,23979	1002,976563	39,23979	95,123863	39,23979	196,78331
39,28977	34,46444	39,28977	0,413129	39,28977	1002,167969	39,28977	95,218765	39,28977	198,12106
39,33976	34,66632	39,33976	0,412281	39,33976	1002,425781	39,33976	95,300606	39,33976	198,98514
39,38975	34,79048	39,38975	0,411447	39,38975	1000,835938	39,38975	95,369102	39,38975	199,62468
39,43973	35,01628	39,43973	0,412088	39,43973	1001,082031	39,43973	95,313179	39,43973	201,08035
39,48972	35,1293	39,48972	0,41275	39,48972	1001,292969	39,48972	95,207176	39,48972	201,54848
39,53971	35,32376	39,53971	0,412131	39,53971	1001,554688	39,53971	95,192482	39,53971	201,9817
39,58969	35,61435	39,58969	0,412688	39,58969	1001,824219	39,58969	95,076988	39,58969	203,55464
39,63968	35,80948	39,63968	0,412715	39,63968	1000,980469	39,63968	94,925041	39,63968	204,57054
39,68967	36,04033	39,68967	0,411994	39,68967	999,8867188	39,68967	94,947472	39,68967	205,21283
39,73966	36,19593	39,73966	0,412476	39,73966	1001,4375	39,73966	95,139908	39,73966	205,63382
39,78964	36,37414	39,78964	0,411852	39,78964	1000,363281	39,78964	94,991707	39,78964	207,47595
39,83963	36,59701	39,83963	0,412438	39,83963	1001,050781	39,83963	94,894333	39,83963	208,63515
39,88962	36,76272	39,88962	0,412498	39,88962	1000,855469	39,88962	94,876213	39,88962	209,60678
39,9396	36,88674	39,9396	0,41346	39,9396	1000,238281	39,9396	94,815811	39,9396	209,38559
39,98959	37,09333	39,98959	0,413226	39,98959	1000,101563	39,98959	94,883278	39,98959	210,83829
40,03958	37,23509	40,03958	0,411737	40,03958	1000,886719	40,03958	95,02079	40,03958	211,30374
40,08956	37,41837	40,08956	0,412548	40,08956	1001,601563	40,08956	95,173798	40,08956	212,03691
40,13955	37,60329	40,13955	0,412139	40,13955	1003,371094	40,13955	95,054062	40,13955	212,97693
40,18954	37,80892	40,18954	0,412965	40,18954	1002,933594	40,18954	95,066231	40,18954	213,3443
40,23953	37,87762	40,23953	0,40964	40,23953	1003,351563	40,23953	95,110123	40,23953	214,00946
40,28951	38,06301	40,28951	0,406545	40,28951	1002,109375	40,28951	95,148598	40,28951	214,89069
40,3395	38,25636	40,3395	0,406896	40,3395	1002,890625	40,3395	95,137695	40,3395	214,44135
40,38949	38,25041	40,38949	0,406211	40,38949	1003,972656	40,38949	95,07959	40,38949	214,82043
40,43947	38,50385	40,43947	0,407119	40,43947	1004,191406	40,43947	95,138092	40,43947	215,70349
40,48946	38,77988	40,48946	0,407086	40,48946	1004,304688	40,48946	94,973808	40,48946	216,51054
40,53945	38,90919	40,53945	0,41322	40,53945	1003,832031	40,53945	95,14267	40,53945	217,50218
40,58943	38,98745	40,58943	0,412885	40,58943	1000,820313	40,58943	95,105927	40,58943	217,70146
40,63942	39,05859	40,63942	0,412211	40,63942	1002,808594	40,63942	94,952782	40,63942	218,75864
40,68941	39,207	40,68941	0,412361	40,68941	1002,871094	40,68941	94,795914	40,68941	219,25539
40,7394	39,37587	40,7394	0,412727	40,7394	1003,09375	40,7394	94,855629	40,7394	219,02042
40,78938	39,51455	40,78938	0,413418	40,78938	1004,519531	40,78938	94,908394	40,78938	219,58556
40,83937	39,56596	40,83937	0,412792	40,83937	1002,777344	40,83937	95,105865	40,83937	220,09113
40,88936	39,77704	40,88936	0,412394	40,88936	1001,667969	40,88936	95,063179	40,88936	220,39758
40,93934	39,9185	40,93934	0,413351	40,93934	1003,488281	40,93934	95,139114	40,93934	221,25777
40,98933	40,01454	40,98933	0,412709	40,98933	1002,347656	40,98933	95,320892	40,98933	221,0298
41,03932	40,17286	41,03932	0,412417	41,03932	1003,765625	41,03932	95,249962	41,03932	221,50108
41,0893	40,25532	41,0893	0,413173	41,0893	1004,714844	41,0893	95,059639	41,0893	221,43768
41,13929	40,39004	41,13929	0,412209	41,13929	1003,867188	41,13929	95,107903	41,13929	221,65536
41,18928	40,53315	41,18928	0,413767	41,18928	1003,992188	41,18928	95,128014	41,18928	223,01511
41,23927	40,59119	41,23927	0,412464	41,23927	1004,035156	41,23927	95,21093	41,23927	223,48285
41,28925	40,76973	41,28925	0,412666	41,28925	1004,117188	41,28925	95,414223	41,28925	223,46153
41,33924	40,82482	41,33924	0,412472	41,33924	1005,507813	41,33924	95,279541	41,33924	224,06049

41,38923	40,84966	41,38923	0,413269	41,38923	1005,238281	41,38923	95,023811	41,38923	223,59708
41,43921	40,94493	41,43921	0,412131	41,43921	1004,917969	41,43921	95,219788	41,43921	224,41826
41,4892	40,97826	41,4892	0,413302	41,4892	1003,746094	41,4892	95,225952	41,4892	225,25821
41,53919	41,05882	41,53919	0,413331	41,53919	1003,25	41,53919	95,164124	41,53919	226,41864
41,58917	41,17445	41,58917	0,413319	41,58917	1003,984375	41,58917	95,12442	41,58917	227,6823
41,63916	41,18592	41,63916	0,413966	41,63916	1003,871094	41,63916	95,274231	41,63916	227,82649
41,68915	41,15479	41,68915	0,413717	41,68915	1003,863281	41,68915	95,153084	41,68915	227,86909
41,73914	41,2182	41,73914	0,413787	41,73914	1004,222656	41,73914	95,041405	41,73914	228,35391
41,78912	41,31122	41,78912	0,413067	41,78912	1002,769531	41,78912	95,04126	41,78912	228,62517
41,83911	41,41603	41,83911	0,412617	41,83911	1003,488281	41,83911	95,129723	41,83911	229,84586
41,8891	41,53231	41,8891	0,413879	41,8891	1003,539063	41,8891	95,201401	41,8891	230,01659
41,93908	41,50558	41,93908	0,412691	41,93908	1004,210938	41,93908	95,203812	41,93908	229,14758
41,98907	41,6428	41,98907	0,413389	41,98907	1005,503906	41,98907	95,190231	41,98907	229,85718
42,03906	41,73305	42,03906	0,413675	42,03906	1005,113281	42,03906	94,940506	42,03906	229,12965
42,08904	41,86676	42,08904	0,413873	42,08904	1004,308594	42,08904	95,00219	42,08904	230,12856
42,13903	41,91346	42,13903	0,413148	42,13903	1003,980469	42,13903	95,060638	42,13903	231,13559
42,18902	42,07856	42,18902	0,413232	42,18902	1004,234375	42,18902	95,100517	42,18902	232,03729
42,23901	42,13366	42,23901	0,414013	42,23901	1004,589844	42,23901	95,159103	42,23901	232,49394
42,28899	42,18534	42,28899	0,413727	42,28899	1004,765625	42,28899	95,217033	42,28899	232,05435
42,33898	42,28664	42,33898	0,414314	42,33898	1005,203125	42,33898	95,17672	42,33898	231,65359
42,38897	42,38967	42,38897	0,41305	42,38897	1005,257813	42,38897	95,06208	42,38897	231,96529
42,43895	42,4617	42,43895	0,413099	42,43895	1003,757813	42,43895	95,046776	42,43895	232,51323
42,48894	42,57868	42,48894	0,412862	42,48894	1005,074219	42,48894	95,06118	42,48894	233,48807
42,53893	42,58579	42,53893	0,41347	42,53893	1004,894531	42,53893	95,0373	42,53893	233,86978
42,58891	42,67025	42,58891	0,412739	42,58891	1005,085938	42,58891	95,203972	42,58891	233,27444
42,6389	42,76023	42,6389	0,41302	42,6389	1006,378906	42,6389	95,198273	42,6389	233,11635
42,68889	42,7467	42,68889	0,41363	42,68889	1004,863281	42,68889	95,286316	42,68889	232,45638
42,73888	42,85201	42,73888	0,413547	42,73888	1004,765625	42,73888	95,305008	42,73888	232,2162
42,78886	42,94022	42,78886	0,413687	42,78886	1007,269531	42,78886	95,244911	42,78886	233,87126
42,83885	42,92071	42,83885	0,413449	42,83885	1005,585938	42,83885	95,183914	42,83885	234,10439
42,88884	42,94164	42,88884	0,41376	42,88884	1006,804688	42,88884	95,306602	42,88884	233,65109
42,93882	42,87182	42,93882	0,413696	42,93882	1007,109375	42,93882	95,252686	42,93882	233,25935
42,98881	42,84792	42,98881	0,414286	42,98881	1005,464844	42,98881	95,219589	42,98881	232,33434
43,0388	42,88852	43,0388	0,412587	43,0388	1005,308594	43,0388	95,083595	43,0388	234,50377
43,08878	42,83212	43,08878	0,413482	43,08878	1005,492188	43,08878	95,129829	43,08878	235,20255
43,13877	42,7974	43,13877	0,414015	43,13877	1005,253906	43,13877	95,204277	43,13877	234,41989
43,18876	42,8485	43,18876	0,413768	43,18876	1007,222656	43,18876	95,08699	43,18876	234,26064
43,23874	42,82272	43,23874	0,413452	43,23874	1007,277344	43,23874	95,156273	43,23874	233,12799
43,28873	42,8766	43,28873	0,413659	43,28873	1007,269531	43,28873	95,360313	43,28873	233,25107
43,33872	42,9027	43,33872	0,412257	43,33872	1006,902344	43,33872	95,301048	43,33872	233,9548
43,38871	42,88483	43,38871	0,41361	43,38871	1006,714844	43,38871	95,261665	43,38871	233,11977
43,43869	43,01163	43,43869	0,412896	43,43869	1007,628906	43,43869	95,242592	43,43869	233,71722
43,48868	42,97114	43,48868	0,413265	43,48868	1008,21875	43,48868	95,407372	43,48868	233,85034
43,53867	42,93849	43,53867	0,41394	43,53867	1008,160156	43,53867	95,374329	43,53867	233,14326
43,58865	42,95641	43,58865	0,413375	43,58865	1008,734375	43,58865	95,373917	43,58865	233,32813
43,63864	42,90246	43,63864	0,413274	43,63864	1007,058594	43,63864	95,322479	43,63864	232,52631
43,68863	42,93789	43,68863	0,413758	43,68863	1006,488281	43,68863	95,400421	43,68863	233,21172
43,73861	42,90686	43,73861	0,41282	43,73861	1007,46875	43,73861	95,345787	43,73861	234,36299
43,7886	42,79166	43,7886	0,414603	43,7886	1006,007813	43,7886	95,456665	43,7886	234,21596
43,83859	42,82428	43,83859	0,413779	43,83859	1006,601563	43,83859	95,356354	43,83859	234,09235
43,88858	42,73739	43,88858	0,414354	43,88858	1006,007813	43,88858	95,158913	43,88858	234,04367
43,93856	42,66142	43,93856	0,414243	43,93856	1003,496094	43,93856	94,98262	43,93856	235,63727
43,98855	42,64977	43,98855	0,413825	43,98855	1003,484375	43,98855	94,978127	43,98855	235,50465
44,03854	42,7085	44,03854	0,414047	44,03854	1004,878906	44,03854	95,103485	44,03854	233,8414
44,08852	42,79732	44,08852	0,414178	44,08852	1005,421875	44,08852	95,132431	44,08852	233,8895
44,13851	43,47776	44,13851	0,414124	44,13851	1005,882813	44,13851	95,174507	44,13851	236,41733
44,1885	43,62893	44,1885	0,414856	44,1885	1004,425781	44,1885	95,295128	44,1885	236,38202
44,23848	43,68543	44,23848	0,414305	44,23848	1002,796875	44,23848	95,152733	44,23848	237,84673
44,28847	43,84869	44,28847	0,414336	44,28847	1000,621094	44,28847	94,980774	44,28847	238,9948
44,33846	43,87899	44,33846	0,414874	44,33846	1001,269531	44,33846	94,739403	44,33846	239,93706
44,38845	43,90113	44,38845	0,414531	44,38845	1001,503906	44,38845	94,787857	44,38845	239,84451
44,43843	43,618	44,43843	0,414917	44,43843	1002,675781	44,43843	94,800247	44,43843	237,4798
44,48842	43,40244	44,48842	0,41504	44,48842	1004,238281	44,48842	94,774513	44,48842	237,15439
44,53841	43,4791	44,53841	0,414205	44,53841	1003,9375	44,53841	94,971458	44,53841	238,67365

44,58839	43,47468	44,58839	0,414405	44,58839	1002,746094	44,58839	94,885757	44,58839	239,30336
44,63838	43,54261	44,63838	0,413823	44,63838	1005,027344	44,63838	94,802643	44,63838	238,75908
44,68837	43,51236	44,68837	0,414302	44,68837	1004,597656	44,68837	94,864136	44,68837	237,7778
44,73835	43,63771	44,73835	0,414629	44,73835	1005,972656	44,73835	94,901649	44,73835	238,06616
44,78834	43,67076	44,78834	0,413533	44,78834	1007,476563	44,78834	94,875999	44,78834	238,00616
44,83833	43,70102	44,83833	0,412947	44,83833	1006,054688	44,83833	94,873695	44,83833	238,15837
44,88832	43,73018	44,88832	0,413933	44,88832	1005,429688	44,88832	94,857712	44,88832	239,70805
44,9383	43,68959	44,9383	0,414336	44,9383	1006,621094	44,9383	94,955658	44,9383	238,55365
44,98829	43,73552	44,98829	0,41421	44,98829	1006,101563	44,98829	94,926567	44,98829	238,13463
45,03828	43,7337	45,03828	0,414207	45,03828	1007,964844	45,03828	94,945145	45,03828	237,76852
45,08826	43,71853	45,08826	0,413724	45,08826	1007,5	45,08826	94,91967	45,08826	237,30043
45,13825	43,76747	45,13825	0,414438	45,13825	1006,613281	45,13825	94,863785	45,13825	237,6205
45,18824	43,77819	45,18824	0,413753	45,18824	1006,492188	45,18824	94,858429	45,18824	238,90065
45,23822	43,68395	45,23822	0,413868	45,23822	1005,5	45,23822	94,955765	45,23822	239,61369
45,28821	43,68739	45,28821	0,41308	45,28821	1006,039063	45,28821	94,997841	45,28821	239,05562
45,3382	43,68291	45,3382	0,414407	45,3382	1006,546875	45,3382	95,065727	45,3382	238,94728
45,38819	43,6362	45,38819	0,414608	45,38819	1005,582031	45,38819	94,971649	45,38819	238,75146
45,43817	43,62864	45,43817	0,414992	45,43817	1005,589844	45,43817	94,924271	45,43817	240,14737
45,48816	43,5771	45,48816	0,414284	45,48816	1003,621094	45,48816	94,818481	45,48816	240,49673
45,53815	43,59307	45,53815	0,414431	45,53815	1003,296875	45,53815	94,832703	45,53815	240,35866
45,58813	43,62981	45,58813	0,414342	45,58813	1004,847656	45,58813	94,681076	45,58813	240,99152
45,63812	43,55158	45,63812	0,414244	45,63812	1004,125	45,63812	94,657135	45,63812	239,72171
45,68811	43,58601	45,68811	0,414792	45,68811	1004,953125	45,68811	94,638397	45,68811	239,2597
45,73809	43,57311	45,73809	0,414919	45,73809	1006,265625	45,73809	94,800835	45,73809	238,39996
45,78808	43,65537	45,78808	0,414988	45,78808	1005,039063	45,78808	94,77504	45,78808	238,41631
45,83807	43,75228	45,83807	0,415198	45,83807	1005,46875	45,83807	94,705116	45,83807	239,57434
45,88806	43,69078	45,88806	0,415238	45,88806	1006,53125	45,88806	94,70816	45,88806	238,78824
45,93804	43,30037	45,93804	0,415192	45,93804	1007,792969	45,93804	94,842339	45,93804	235,15421
45,98803	43,39808	45,98803	0,414601	45,98803	1010,609375	45,98803	95,036621	45,98803	235,79079
46,03802	43,41484	46,03802	0,414682	46,03802	1010,273438	46,03802	95,343262	46,03802	235,93082
46,088	43,46107	46,088	0,414891	46,088	1009,066406	46,088	95,489349	46,088	236,89778
46,13799	43,41573	46,13799	0,415136	46,13799	1008,351563	46,13799	95,303673	46,13799	237,6712
46,18798	43,35748	46,18798	0,414087	46,18798	1009,433594	46,18798	95,175934	46,18798	235,8419
46,23796	43,43877	46,23796	0,414346	46,23796	1009,199219	46,23796	95,098122	46,23796	236,02536
46,28795	43,38246	46,28795	0,41354	46,28795	1009,5	46,28795	95,166992	46,28795	235,84828
46,33794	43,33182	46,33794	0,414882	46,33794	1009,414063	46,33794	95,20295	46,33794	234,65732
46,38793	43,37209	46,38793	0,414229	46,38793	1008,863281	46,38793	95,146538	46,38793	235,42117
46,43791	43,3282	46,43791	0,414773	46,43791	1006,808594	46,43791	95,186104	46,43791	236,11171
46,4879	43,29939	46,4879	0,413781	46,4879	1007,191406	46,4879	95,111351	46,4879	236,97226
46,53789	43,22469	46,53789	0,414106	46,53789	1006,773438	46,53789	95,072075	46,53789	236,22119
46,58787	43,16584	46,58787	0,413971	46,58787	1006,96875	46,58787	95,01902	46,58787	234,65109
46,63786	43,15804	46,63786	0,414546	46,63786	1007,386719	46,63786	94,972786	46,63786	234,90169
46,68785	43,14013	46,68785	0,41481	46,68785	1005,898438	46,68785	94,974037	46,68785	235,77957
46,73783	43,18365	46,73783	0,414615	46,73783	1004,679688	46,73783	94,987503	46,73783	237,03227
46,78782	43,1326	46,78782	0,415058	46,78782	1005,734375	46,78782	94,972862	46,78782	236,85165
46,83781	43,1276	46,83781	0,414488	46,83781	1005,828125	46,83781	95,048531	46,83781	234,54903
46,8878	43,20134	46,8878	0,414377	46,8878	1007,011719	46,8878	95,018875	46,8878	236,29962
46,93778	43,13924	46,93778	0,41307	46,93778	1006,824219	46,93778	94,976952	46,93778	237,24696
46,98777	43,15104	46,98777	0,413779	46,98777	1005,625	46,98777	94,930519	46,98777	237,19629
47,03776	43,15089	47,03776	0,414717	47,03776	1005,027344	47,03776	94,93882	47,03776	238,11227
47,08774	43,09472	47,08774	0,414437	47,08774	1004,632813	47,08774	94,942436	47,08774	236,74431
47,13773	43,20444	47,13773	0,414014	47,13773	1005,1875	47,13773	94,959	47,13773	237,71382
47,18772	43,18362	47,18772	0,414225	47,18772	1006,121094	47,18772	94,961739	47,18772	237,00612
47,2377	43,14751	47,2377	0,414222	47,2377	1006,453125	47,2377	94,960083	47,2377	235,46962
47,28769	43,26196	47,28769	0,415312	47,28769	1007,027344	47,28769	95,052483	47,28769	236,37889
47,33768	43,24301	47,33768	0,41528	47,33768	1005,945313	47,33768	95,08316	47,33768	237,07744
47,38766	43,26379	47,38766	0,414748	47,38766	1004,480469	47,38766	95,04689	47,38766	237,63037
47,43765	43,21845	47,43765	0,415554	47,43765	1005,816406	47,43765	95,082977	47,43765	238,03748
47,48764	43,15152	47,48764	0,41514	47,48764	1005,402344	47,48764	95,040657	47,48764	236,22722
47,53763	43,25042	47,53763	0,41451	47,53763	1006,308594	47,53763	94,948402	47,53763	236,60622
47,58761	43,2605	47,58761	0,414481	47,58761	1006,828125	47,58761	94,938263	47,58761	238,97832
47,6376	43,19427	47,6376	0,415566	47,6376	1003,625	47,6376	94,926682	47,6376	240,00658
47,68759	43,25687	47,68759	0,415795	47,68759	1003,027344	47,68759	94,795021	47,68759	240,43539
47,73757	43,27885	47,73757	0,414248	47,73757	1004,929688	47,73757	94,694321	47,73757	239,58047

47,78756	43,38342	47,78756	0,415611	47,78756	1004,3125	47,78756	94,680313	47,78756	238,08696
47,83755	43,51016	47,83755	0,41485	47,83755	1006,519531	47,83755	94,784454	47,83755	238,83597
47,88753	43,5974	47,88753	0,414193	47,88753	1006,3125	47,88753	94,857513	47,88753	239,53195
47,93752	43,76155	47,93752	0,41477	47,93752	1005,023438	47,93752	94,951393	47,93752	239,96419
47,98751	43,91822	47,98751	0,41475	47,98751	1005,414063	47,98751	95,056831	47,98751	240,4762
48,0375	44,05835	48,0375	0,415254	48,0375	1005,402344	48,0375	95,025116	48,0375	240,31046
48,08748	44,26434	48,08748	0,414864	48,08748	1005,101563	48,08748	94,92691	48,08748	240,59511
48,13747	44,32142	48,13747	0,414048	48,13747	1005,28125	48,13747	94,994026	48,13747	241,53897
48,18746	44,45433	48,18746	0,414014	48,18746	1003,648438	48,18746	94,886627	48,18746	242,01642
48,23744	44,71991	48,23744	0,41564	48,23744	1002,449219	48,23744	94,733376	48,23744	244,2747
48,28743	44,82522	48,28743	0,414165	48,28743	1000,113281	48,28743	94,574043	48,28743	246,67329
48,33742	45,00793	48,33742	0,414929	48,33742	999,4960938	48,33742	94,46064	48,33742	247,38496
48,3874	45,1841	48,3874	0,4145	48,3874	999,46875	48,3874	94,377571	48,3874	247,7872
48,43739	45,39602	48,43739	0,415917	48,43739	999,3320313	48,43739	94,321457	48,43739	249,06041
48,48738	45,61736	48,48738	0,415113	48,48738	998,8320313	48,48738	94,34874	48,48738	250,07285
48,53737	45,86695	48,53737	0,414511	48,53737	998,6953125	48,53737	94,2313	48,53737	250,14006
48,58735	46,15768	48,58735	0,414581	48,58735	998,03125	48,58735	94,200722	48,58735	251,22885
48,63734	46,44304	48,63734	0,415277	48,63734	1000,199219	48,63734	94,181068	48,63734	251,50356
48,68733	46,67733	48,68733	0,415835	48,68733	1000,566406	48,68733	94,23777	48,68733	251,88272
48,73731	46,90002	48,73731	0,415731	48,73731	1002,007813	48,73731	94,4524	48,73731	252,64998
48,7873	47,02996	48,7873	0,41536	48,7873	1002,167969	48,7873	94,367294	48,7873	254,03185
48,83729	47,14836	48,83729	0,415817	48,83729	1000,867188	48,83729	94,320755	48,83729	256,18082
48,88727	47,21917	48,88727	0,416041	48,88727	1000,0625	48,88727	94,343895	48,88727	257,56091
48,93726	47,30754	48,93726	0,41605	48,93726	1001,074219	48,93726	94,250076	48,93726	257,04825
48,98725	47,44657	48,98725	0,416782	48,98725	1001,4375	48,98725	94,392746	48,98725	256,74713
49,03724	47,51495	49,03724	0,415638	49,03724	1002,636719	49,03724	94,412331	49,03724	258,4968
49,08722	47,64418	49,08722	0,415687	49,08722	1001,816406	49,08722	94,337624	49,08722	259,47531
49,13721	47,75943	49,13721	0,416724	49,13721	1001,035156	49,13721	94,318848	49,13721	261,79245
49,1872	47,72754	49,1872	0,415823	49,1872	999,3398438	49,1872	94,310814	49,1872	262,41531
49,23718	47,8714	49,23718	0,416201	49,23718	1000,796875	49,23718	94,274994	49,23718	261,03485
49,28717	48,07413	49,28717	0,41538	49,28717	1002,917969	49,28717	94,321251	49,28717	260,20618
49,33716	48,24238	49,33716	0,415068	49,33716	1004,363281	49,33716	94,52124	49,33716	258,98666
49,38714	48,46737	49,38714	0,415883	49,38714	1004,742188	49,38714	94,505104	49,38714	260,51102
49,43713	48,58114	49,43713	0,415866	49,43713	1005,585938	49,43713	94,572945	49,43713	261,00543
49,48712	48,64783	49,48712	0,415483	49,48712	1003,820313	49,48712	94,574165	49,48712	260,07172
49,53711	48,82622	49,53711	0,415058	49,53711	1004,980469	49,53711	94,545593	49,53711	262,40939
49,58709	48,74775	49,58709	0,415252	49,58709	1004,769531	49,58709	94,653404	49,58709	263,26431
49,63708	48,74421	49,63708	0,414907	49,63708	1003,972656	49,63708	94,588821	49,63708	262,23108
49,68707	48,81621	49,68707	0,415117	49,68707	1005,503906	49,68707	94,612038	49,68707	262,38229
49,73705	48,83197	49,73705	0,415221	49,73705	1004,582031	49,73705	94,735474	49,73705	263,36075
49,78704	48,94132	49,78704	0,415771	49,78704	1002,152344	49,78704	94,662621	49,78704	264,61148
49,83703	48,95108	49,83703	0,416625	49,83703	1003,441406	49,83703	94,579605	49,83703	266,36673
49,88701	48,96291	49,88701	0,415721	49,88701	1002,375	49,88701	94,574188	49,88701	266,23044
49,937	49,06836	49,937	0,415408	49,937	1003,433594	49,937	94,500114	49,937	266,51157
49,98699	49,23124	49,98699	0,415121	49,98699	1004,648438	49,98699	94,434143	49,98699	266,37469
50,03698	49,3562	50,03698	0,415785	50,03698	1003,503906	50,03698	94,445999	50,03698	266,328
50,08696	49,58619	50,08696	0,415575	50,08696	1002,746094	50,08696	94,605972	50,08696	268,20181
50,13695	49,64245	50,13695	0,415338	50,13695	1003,039063	50,13695	94,626999	50,13695	268,5856
50,18694	49,84341	50,18694	0,415245	50,18694	1002,867188	50,18694	94,749557	50,18694	268,48825
50,23692	49,99442	50,23692	0,416707	50,23692	1004,695313	50,23692	94,532143	50,23692	267,49652
50,28691	50,15149	50,28691	0,415922	50,28691	1005,570313	50,28691	94,50782	50,28691	266,90411
50,3369	50,34849	50,3369	0,416845	50,3369	1005,5	50,3369	94,490616	50,3369	267,8974
50,38688	50,44619	50,38688	0,416802	50,38688	1004,652344	50,38688	94,59404	50,38688	269,1752
50,43687	50,52134	50,43687	0,41661	50,43687	1004,132813	50,43687	94,67424	50,43687	269,15363
50,48686	50,693	50,48686	0,416971	50,48686	1004,992188	50,48686	94,59922	50,48686	269,29993
50,53685	50,73228	50,53685	0,416541	50,53685	1005,75	50,53685	94,494827	50,53685	267,4559
50,58683	50,82708	50,58683	0,418609	50,58683	1007,015625	50,58683	94,39711	50,58683	266,35785
50,63682	50,93154	50,63682	0,417963	50,63682	1007,875	50,63682	94,458023	50,63682	266,85513
50,68681	50,97516	50,68681	0,417317	50,68681	1006,492188	50,68681	94,64592	50,68681	267,06573
50,73679	50,87034	50,73679	0,417185	50,73679	1006,230469	50,73679	94,665642	50,73679	267,71756
50,78678	50,66098	50,78678	0,417068	50,78678	1006,9375	50,78678	94,664619	50,78678	267,62186
50,83677	50,59372	50,83677	0,417475	50,83677	1006,691406	50,83677	94,774185	50,83677	267,36713
50,88675	50,67495	50,88675	0,416942	50,88675	1008,058594	50,88675	94,725494	50,88675	266,50769
50,93674	50,63807	50,93674	0,416804	50,93674	1007,113281	50,93674	94,859161	50,93674	266,71246

50,98673	50,71875	50,98673	0,417067	50,98673	1007,003906	50,98673	94,877319	50,98673	265,99402
51,03672	50,73626	51,03672	0,416802	51,03672	1006,710938	51,03672	94,95443	51,03672	266,36005
51,0867	50,82093	51,0867	0,416749	51,0867	1007,121094	51,0867	94,971504	51,0867	266,82126
51,13669	51,12307	51,13669	0,417159	51,13669	1006,5	51,13669	94,867767	51,13669	268,4541
51,18668	51,03601	51,18668	0,416318	51,18668	1006,519531	51,18668	95,003281	51,18668	267,31985
51,23666	51,09722	51,23666	0,416859	51,23666	1006,308594	51,23666	95,081207	51,23666	267,57669
51,28665	51,07955	51,28665	0,416856	51,28665	1006,300781	51,28665	94,905998	51,28665	267,66025
51,33664	51,11503	51,33664	0,416684	51,33664	1004,355469	51,33664	94,883774	51,33664	268,13605
51,38662	51,16583	51,38662	0,41719	51,38662	1005,300781	51,38662	94,910233	51,38662	267,96539
51,43661	51,13754	51,43661	0,417631	51,43661	1006,101563	51,43661	94,78064	51,43661	268,04608
51,4866	51,15562	51,4866	0,416826	51,4866	1005,742188	51,4866	94,773872	51,4866	267,31888
51,53658	51,29036	51,53658	0,416502	51,53658	1007,003906	51,53658	94,671608	51,53658	268,10074
51,58657	51,27386	51,58657	0,416864	51,58657	1005,84375	51,58657	94,619667	51,58657	268,16257
51,63656	51,32574	51,63656	0,416385	51,63656	1004,394531	51,63656	94,613503	51,63656	267,88394
51,68655	51,35993	51,68655	0,417295	51,68655	1005,960938	51,68655	94,75943	51,68655	268,92075
51,73653	51,38413	51,73653	0,417689	51,73653	1005,054688	51,73653	94,774887	51,73653	268,40829
51,78652	51,41605	51,78652	0,417333	51,78652	1005,332031	51,78652	94,752083	51,78652	267,81125
51,83651	51,39389	51,83651	0,41833	51,83651	1006,636719	51,83651	94,601936	51,83651	268,54166
51,88649	51,46747	51,88649	0,419473	51,88649	1005,078125	51,88649	94,444023	51,88649	268,57358
51,93648	51,65295	51,93648	0,419078	51,93648	1004,886719	51,93648	94,603706	51,93648	269,62457
51,98647	51,6095	51,98647	0,417846	51,98647	1004,902344	51,98647	94,568405	51,98647	269,9881
52,03645	51,65646	52,03645	0,417965	52,03645	1004,535156	52,03645	94,480194	52,03645	269,61206
52,08644	51,71172	52,08644	0,418693	52,08644	1005,507813	52,08644	94,641418	52,08644	270,12274
52,13643	51,74653	52,13643	0,41869	52,13643	1005,246094	52,13643	94,620132	52,13643	271,34402
52,18642	51,77743	52,18642	0,418932	52,18642	1003,625	52,18642	94,566742	52,18642	272,29913
52,2364	51,82603	52,2364	0,418832	52,2364	1004,097656	52,2364	94,479927	52,2364	271,17505
52,28639	51,86193	52,28639	0,417694	52,28639	1003,265625	52,28639	94,577766	52,28639	270,94983
52,33638	51,99718	52,33638	0,418483	52,33638	1004,496094	52,33638	94,518761	52,33638	271,36157
52,38636	51,99338	52,38636	0,417861	52,38636	1005,117188	52,38636	94,513977	52,38636	271,18729
52,43635	52,06682	52,43635	0,418956	52,43635	1005,445313	52,43635	94,529915	52,43635	270,84064
52,48634	52,186	52,48634	0,417717	52,48634	1006,03125	52,48634	94,349594	52,48634	272,15335
52,53632	52,17611	52,53632	0,418177	52,53632	1004,449219	52,53632	94,525246	52,53632	273,0061
52,58631	52,23241	52,58631	0,41773	52,58631	1003,167969	52,58631	94,512299	52,58631	274,10248
52,6363	52,20409	52,6363	0,418141	52,6363	1004,609375	52,6363	94,395592	52,6363	275,29108
52,68629	52,09468	52,68629	0,418226	52,68629	1003,410156	52,68629	94,339508	52,68629	276,46182
52,73627	52,06494	52,73627	0,417238	52,73627	1002,796875	52,73627	94,228035	52,73627	278,64807
52,78626	51,98445	52,78626	0,419378	52,78626	1002,050781	52,78626	94,114571	52,78626	278,92273
52,83625	52,02559	52,83625	0,418117	52,83625	1001,453125	52,83625	94,073021	52,83625	276,591
52,88623	52,2533	52,88623	0,419756	52,88623	1002,855469	52,88623	94,052971	52,88623	274,83813
52,93622	52,40731	52,93622	0,419649	52,93622	1005,714844	52,93622	94,269676	52,93622	272,65656
52,98621	52,63036	52,98621	0,420053	52,98621	1007,035156	52,98621	94,423599	52,98621	271,66592
53,03619	52,71657	53,03619	0,419224	53,03619	1009,234375	53,03619	94,586365	53,03619	271,40707
53,08618	52,8254	53,08618	0,419878	53,08618	1009,628906	53,08618	94,829155	53,08618	271,48575
53,13617	52,90262	53,13617	0,419271	53,13617	1009,390625	53,13617	94,921677	53,13617	272,29443
53,18616	52,86716	53,18616	0,419635	53,18616	1007,757813	53,18616	94,93013	53,18616	272,74338
53,23614	52,87357	53,23614	0,419423	53,23614	1008,253906	53,23614	94,939102	53,23614	273,17276
53,28613	52,79213	53,28613	0,419836	53,28613	1008,324219	53,28613	94,861282	53,28613	272,54303
53,33612	52,7668	53,33612	0,419124	53,33612	1008,515625	53,33612	94,850151	53,33612	271,93707
53,3861	52,77425	53,3861	0,419291	53,3861	1008,339844	53,3861	94,782791	53,3861	272,83887
53,43609	52,73883	53,43609	0,41754	53,43609	1007,535156	53,43609	94,730011	53,43609	273,35672
53,48608	52,70735	53,48608	0,418704	53,48608	1005,21875	53,48608	94,682411	53,48608	274,22583
53,53606	52,67463	53,53606	0,419028	53,53606	1006,023438	53,53606	94,62896	53,53606	274,41141
53,58605	52,56546	53,58605	0,419496	53,58605	1005,433594	53,58605	94,654167	53,58605	273,75879
53,63604	52,64811	53,63604	0,418572	53,63604	1005,714844	53,63604	94,520561	53,63604	273,52792
53,68603	52,71385	53,68603	0,418046	53,68603	1006,71875	53,68603	94,564102	53,68603	274,18719
53,73601	53,29966	53,73601	0,419349	53,73601	1003,957031	53,73601	94,43885	53,73601	276,37784
53,786	53,32082	53,786	0,418491	53,786	1002,585938	53,786	94,324837	53,786	276,56708
53,83599	53,34824	53,83599	0,418757	53,83599	1002,957031	53,83599	94,338661	53,83599	276,97858
53,88597	53,64743	53,88597	0,418905	53,88597	1001,398438	53,88597	94,375427	53,88597	278,39783
53,93596	53,63958	53,93596	0,419315	53,93596	1002,761719	53,93596	94,363274	53,93596	277,72757
53,98595	53,63045	53,98595	0,419353	53,98595	1002,6875	53,98595	94,211861	53,98595	277,69608
54,03593	53,77462	54,03593	0,419801	54,03593	1002,074219	54,03593	94,0923	54,03593	279,21771
54,08592	53,82145	54,08592	0,421477	54,08592	1002,101563	54,08592	94,148933	54,08592	280,52701
54,13591	53,82703	54,13591	0,42051	54,13591	1001,996094	54,13591	94,189865	54,13591	279,14771

54,1859	53,91238	54,1859	0,420833	54,1859	1003,324219	54,1859	94,301872	54,1859	278,77658
54,23588	53,9662	54,23588	0,421853	54,23588	1004,957031	54,23588	94,52977	54,23588	279,54633
54,28587	53,93691	54,28587	0,420601	54,28587	1004,023438	54,28587	94,607925	54,28587	279,9722
54,33586	53,92778	54,33586	0,420089	54,33586	1004,171875	54,33586	94,441872	54,33586	280,61932
54,38584	53,81913	54,38584	0,422252	54,38584	1002,378906	54,38584	94,332733	54,38584	280,78787
54,43583	53,86908	54,43583	0,421595	54,43583	1001,582031	54,43583	94,299492	54,43583	282,04578
54,48582	53,86707	54,48582	0,421066	54,48582	1003,054688	54,48582	94,131981	54,48582	282,83295
54,5358	53,79522	54,5358	0,421611	54,5358	1003	54,5358	94,051758	54,5358	280,23352
54,58579	53,86786	54,58579	0,421572	54,58579	1004,320313	54,58579	94,092773	54,58579	279,74841
54,63578	53,9494	54,63578	0,421239	54,63578	1005,964844	54,63578	94,154938	54,63578	280,03519
54,68577	54,33652	54,68577	0,421324	54,68577	1004,429688	54,68577	94,325966	54,68577	281,64063
54,73575	54,49593	54,73575	0,422084	54,73575	1004,460938	54,73575	94,300125	54,73575	282,13379
54,78574	54,45036	54,78574	0,421647	54,78574	1005,621094	54,78574	94,272957	54,78574	280,73508
54,83573	54,16028	54,83573	0,420887	54,83573	1005,960938	54,83573	94,348831	54,83573	278,65247
54,88571	54,24971	54,88571	0,421113	54,88571	1008,308594	54,88571	94,355774	54,88571	278,82162
54,9357	54,29812	54,9357	0,421072	54,9357	1007,714844	54,9357	94,467018	54,9357	279,79843
54,98569	54,25939	54,98569	0,422015	54,98569	1006,304688	54,98569	94,544258	54,98569	280,39606
55,03567	54,24233	55,03567	0,421575	55,03567	1005,960938	55,03567	94,511353	55,03567	280,87378
55,08566	54,16866	55,08566	0,42143	55,08566	1006,289063	55,08566	94,407936	55,08566	280,737
55,13565	54,15902	55,13565	0,421082	55,13565	1005,644531	55,13565	94,358017	55,13565	281,83636
55,18564	54,1333	55,18564	0,422219	55,18564	1006,332031	55,18564	94,322479	55,18564	281,52936
55,23562	54,08594	55,23562	0,422625	55,23562	1005,824219	55,23562	94,569901	55,23562	281,69965
55,28561	54,13263	55,28561	0,421628	55,28561	1006,070313	55,28561	94,525604	55,28561	281,05652
55,3356	54,21712	55,3356	0,422121	55,3356	1005,5625	55,3356	94,438866	55,3356	280,28577
55,38558	54,32	55,38558	0,422073	55,38558	1007,109375	55,38558	94,48024	55,38558	280,17783
55,43557	54,31719	55,43557	0,421958	55,43557	1007,765625	55,43557	94,537193	55,43557	279,17499
55,48556	54,35776	55,48556	0,422067	55,48556	1008,421875	55,48556	94,57077	55,48556	278,42334
55,53554	54,36384	55,53554	0,421758	55,53554	1008,839844	55,53554	94,583916	55,53554	278,65253
55,58553	53,82875	55,58553	0,421838	55,58553	1008,972656	55,58553	94,667572	55,58553	276,33453
55,63552	53,85744	55,63552	0,422071	55,63552	1009,113281	55,63552	94,742905	55,63552	275,47272
55,6855	54,06525	55,6855	0,421794	55,6855	1010,101563	55,6855	94,87648	55,6855	276,26944
55,73549	54,12178	55,73549	0,421144	55,73549	1009,339844	55,73549	95,084709	55,73549	276,26199
55,78548	54,03259	55,78548	0,421712	55,78548	1009,96875	55,78548	95,214966	55,78548	275,43927
55,83547	54,0022	55,83547	0,421733	55,83547	1009,957031	55,83547	94,984932	55,83547	275,642
55,88545	54,05048	55,88545	0,422047	55,88545	1008,917969	55,88545	94,938942	55,88545	276,13797
55,93544	54,026	55,93544	0,422643	55,93544	1008,007813	55,93544	94,911804	55,93544	276,59427
55,98543	53,96938	55,98543	0,422065	55,98543	1006,535156	55,98543	95,001411	55,98543	276,67932
56,03541	53,95726	56,03541	0,421764	56,03541	1006,996094	56,03541	94,946045	56,03541	277,07446
56,0854	53,86102	56,0854	0,421811	56,0854	1007,894531	56,0854	94,933739	56,0854	276,39447
56,13539	53,92566	56,13539	0,421766	56,13539	1007,203125	56,13539	94,798386	56,13539	276,63611
56,18537	53,9285	56,18537	0,422137	56,18537	1007,015625	56,18537	94,773659	56,18537	277,11807
56,23536	53,86552	56,23536	0,421597	56,23536	1006,042969	56,23536	94,720406	56,23536	277,78931
56,28535	53,90222	56,28535	0,421721	56,28535	1004,671875	56,28535	94,663841	56,28535	277,21506
56,33534	53,85324	56,33534	0,421116	56,33534	1005,425781	56,33534	94,726875	56,33534	278,96832
56,38532	53,65667	56,38532	0,422178	56,38532	1004,324219	56,38532	94,645241	56,38532	276,67947
56,43531	53,72089	56,43531	0,422195	56,43531	1005,242188	56,43531	94,494026	56,43531	275,73465
56,4853	53,63332	56,4853	0,421926	56,4853	1007,28125	56,4853	94,62458	56,4853	274,91455
56,53528	53,76417	56,53528	0,421931	56,53528	1006,464844	56,53528	94,581436	56,53528	274,04736
56,58527	53,94425	56,58527	0,422477	56,58527	1005,230469	56,58527	94,472862	56,58527	276,32199
56,63526	53,86904	56,63526	0,423078	56,63526	1006,589844	56,63526	94,480156	56,63526	276,49533
56,68524	53,80804	56,68524	0,422755	56,68524	1005,316406	56,68524	94,683395	56,68524	275,51636
56,73523	53,79675	56,73523	0,423108	56,73523	1006,523438	56,73523	94,608803	56,73523	276,62665
56,78522	53,76353	56,78522	0,423421	56,78522	1005,910156	56,78522	94,620125	56,78522	276,56155
56,83521	53,87362	56,83521	0,423243	56,83521	1004,371094	56,83521	94,653999	56,83521	276,57114
56,88519	53,93645	56,88519	0,42188	56,88519	1004,539063	56,88519	94,651756	56,88519	277,34195
56,93518	53,90961	56,93518	0,423581	56,93518	1004,980469	56,93518	94,393784	56,93518	276,43567
56,98517	53,97282	56,98517	0,423084	56,98517	1004,917969	56,98517	94,665527	56,98517	276,60205
57,03515	53,8292	57,03515	0,42452	57,03515	1007,042969	57,03515	94,672768	57,03515	275,88196
57,08514	53,93506	57,08514	0,423837	57,08514	1006,597656	57,08514	94,368584	57,08514	275,56369
57,13513	54,02036	57,13513	0,423453	57,13513	1006,589844	57,13513	94,264763	57,13513	277,11142
57,18511	53,98391	57,18511	0,423174	57,18511	1005,464844	57,18511	94,250671	57,18511	276,85178
57,2351	53,98742	57,2351	0,422682	57,2351	1005,203125	57,2351	94,316437	57,2351	277,13284
57,28509	53,98679	57,28509	0,423397	57,28509	1006,292969	57,28509	94,33387	57,28509	276,39389
57,33508	53,93227	57,33508	0,423572	57,33508	1006,550781	57,33508	94,330635	57,33508	275,56067

57,38506	54,05381	57,38506	0,42223	57,38506	1006,761719	57,38506	94,320099	57,38506	276,05048
57,43505	54,04329	57,43505	0,423186	57,43505	1006,621094	57,43505	94,439049	57,43505	276,59207
57,48504	54,08494	57,48504	0,423893	57,48504	1004,925781	57,48504	94,421013	57,48504	276,49359
57,53502	54,07582	57,53502	0,424024	57,53502	1005,128906	57,53502	94,328781	57,53502	276,54132
57,58501	54,03801	57,58501	0,423851	57,58501	1005,1875	57,58501	94,371788	57,58501	276,92792
57,635	54,02979	57,635	0,422994	57,635	1005,277344	57,635	94,520477	57,635	276,72498
57,68498	54,00903	57,68498	0,424254	57,68498	1006,117188	57,68498	94,447838	57,68498	276,98978
57,73497	53,98375	57,73497	0,423864	57,73497	1004,3125	57,73497	94,35804	57,73497	276,03482
57,78496	53,23355	57,78496	0,42362	57,78496	991,0390625	57,78496	94,291626	57,78496	270,28342
57,83495	51,84247	57,83495	0,423962	57,83495	979,546875	57,83495	93,76297	57,83495	264,61557
57,88493	51,16351	57,88493	0,424216	57,88493	975,3671875	57,88493	92,788506	57,88493	261,35608
57,93492	50,95171	57,93492	0,425951	57,93492	975,4570313	57,93492	91,892921	57,93492	261,2514
57,98491	50,86354	57,98491	0,427732	57,98491	976,5234375	57,98491	91,698494	57,98491	261,4256
58,03489	51,2448	58,03489	0,428534	58,03489	978,4453125	58,03489	91,632904	58,03489	264,2424
58,08488	51,43086	58,08488	0,42982	58,08488	980,3671875	58,08488	91,878479	58,08488	264,63342
58,13487	51,73585	58,13487	0,43134	58,13487	983,0898438	58,13487	92,108536	58,13487	266,345
58,18485	51,99918	58,18485	0,432356	58,18485	986,5273438	58,18485	92,305809	58,18485	268,17181
58,23484	52,30259	58,23484	0,434154	58,23484	988,6796875	58,23484	92,382774	58,23484	268,89978
58,28483	52,79885	58,28483	0,435464	58,28483	990,0976563	58,28483	92,520203	58,28483	271,5885
58,33482	52,92417	58,33482	0,434817	58,33482	991,5	58,33482	92,658974	58,33482	273,18906
58,3848	53,19219	58,3848	0,436437	58,3848	992,4414063	58,3848	92,880928	58,3848	273,45859
58,43479	53,4161	58,43479	0,435876	58,43479	995,4765625	58,43479	93,194748	58,43479	275,43515
58,48478	53,44188	58,48478	0,435309	58,48478	997,4570313	58,48478	93,280106	58,48478	274,60373
58,53476	53,69807	58,53476	0,434991	58,53476	998,265625	58,53476	93,356857	58,53476	275,8042
58,58475	53,51064	58,58475	0,435423	58,58475	1000,671875	58,58475	93,692284	58,58475	275,31912
58,63474	53,63755	58,63474	0,435028	58,63474	999,6875	58,63474	93,781105	58,63474	276,04514
58,68472	53,89069	58,68472	0,434509	58,68472	1000,941406	58,68472	93,821045	58,68472	276,6131
58,73471	53,98699	58,73471	0,434493	58,73471	1003,195313	58,73471	93,959557	58,73471	277,05087
58,7847	53,9111	58,7847	0,433404	58,7847	1003,386719	58,7847	94,112801	58,7847	275,96756
58,83469	53,85707	58,83469	0,433616	58,83469	1005,730469	58,83469	94,38459	58,83469	275,14554
58,88467	54,02609	58,88467	0,434013	58,88467	1006,054688	58,88467	94,502762	58,88467	275,62177
58,93466	54,20929	58,93466	0,432373	58,93466	1004,316406	58,93466	94,635117	58,93466	276,51605
58,98465	54,32881	58,98465	0,430498	58,98465	1004,730469	58,98465	94,791206	58,98465	277,87228
59,03463	54,32277	59,03463	0,430491	59,03463	1004,949219	59,03463	95,032898	59,03463	277,53668
59,08462	54,37802	59,08462	0,430868	59,08462	1004,714844	59,08462	95,163551	59,08462	276,97739
59,13461	54,47336	59,13461	0,430385	59,13461	1006,125	59,13461	95,210243	59,13461	277,23373
59,18459	54,52537	59,18459	0,429931	59,18459	1005,332031	59,18459	95,245049	59,18459	277,24496
59,23458	54,73069	59,23458	0,429993	59,23458	1004,589844	59,23458	95,188019	59,23458	278,32852
59,28457	54,88277	59,28457	0,430288	59,28457	1004,207031	59,28457	95,087418	59,28457	278,87271
59,33456	54,18829	59,33456	0,42998	59,33456	1005,789063	59,33456	95,080391	59,33456	275,76141
59,38454	54,25466	59,38454	0,430556	59,38454	1006,121094	59,38454	95,149574	59,38454	277,0087
59,43453	54,44736	59,43453	0,431426	59,43453	1006,582031	59,43453	95,056465	59,43453	277,05685
59,48452	54,69565	59,48452	0,431752	59,48452	1005,816406	59,48452	94,992188	59,48452	278,11203
59,5345	54,89437	59,5345	0,432785	59,5345	1004,628906	59,5345	94,734207	59,5345	279,2334
59,58449	55,08839	59,58449	0,431661	59,58449	1003,148438	59,58449	94,578735	59,58449	280,11301
59,63448	55,14489	59,63448	0,431377	59,63448	1003,695313	59,63448	94,480042	59,63448	279,9989
59,68446	55,25201	59,68446	0,432443	59,68446	1002,371094	59,68446	94,43232	59,68446	281,16779
59,73445	55,44733	59,73445	0,433265	59,73445	1002,359375	59,73445	94,346672	59,73445	281,86081
59,78444	55,60571	59,78444	0,433007	59,78444	1001,742188	59,78444	94,162636	59,78444	283,49362
59,83443	55,75376	59,83443	0,434943	59,83443	999,9335938	59,83443	94,103577	59,83443	284,01248
59,88441	56,02576	59,88441	0,434782	59,88441	999,5742188	59,88441	94,010101	59,88441	284,76221
59,9344	56,16887	59,9344	0,435017	59,9344	1000,335938	59,9344	93,839249	59,9344	284,27609
59,98439	56,484	59,98439	0,435539	59,98439	1000,671875	59,98439	93,761131	59,98439	284,21558
60,03437	56,6596	60,03437	0,434307	60,03437	1002,707031	60,03437	93,826538	60,03437	284,14981
60,08436	56,96424	60,08436	0,435319	60,08436	1002,207031	60,08436	93,869659	60,08436	284,37677
60,13435	57,30254	60,13435	0,435903	60,13435	1001,800781	60,13435	93,851288	60,13435	285,52112
60,18433	57,41591	60,18433	0,434508	60,18433	1001,332031	60,18433	94,039619	60,18433	286,3486
60,23432	57,64118	60,23432	0,434785	60,23432	1001,292969	60,23432	94,02327	60,23432	286,35477
60,28431	57,94036	60,28431	0,434518	60,28431	1001,910156	60,28431	93,937729	60,28431	287,76093
60,33429	58,02936	60,33429	0,434262	60,33429	1002,0625	60,33429	93,88604	60,33429	288,10413
60,38428	58,22884	60,38428	0,433388	60,38428	1001,066406	60,38428	93,868607	60,38428	289,30283
60,43427	58,4113	60,43427	0,43351	60,43427	1001,082031	60,43427	94,105103	60,43427	290,54016
60,48426	58,53747	60,48426	0,433794	60,48426	999,0273438	60,48426	94,049744	60,48426	291,14709
60,53424	58,67063	60,53424	0,433845	60,53424	1000,214844	60,53424	93,853622	60,53424	291,49292

60,58423	58,72323	60,58423	0,434308	60,58423	1001,296875	60,58423	93,761238	60,58423	291,88162
60,63422	58,85126	60,63422	0,433955	60,63422	1001,058594	60,63422	93,836983	60,63422	291,48676
60,6842	59,13279	60,6842	0,435168	60,6842	1002,003906	60,6842	93,976189	60,6842	292,60306
60,73419	59,25788	60,73419	0,43355	60,73419	1001,101563	60,73419	94,088905	60,73419	293,89929
60,78418	59,44142	60,78418	0,434129	60,78418	999,7890625	60,78418	93,943817	60,78418	293,68649
60,83416	59,60739	60,83416	0,433906	60,83416	1002,121094	60,83416	93,893883	60,83416	294,96204
60,88415	59,65649	60,88415	0,434939	60,88415	1000,945313	60,88415	93,819794	60,88415	295,07751
60,93414	59,78449	60,93414	0,434522	60,93414	1001,199219	60,93414	93,895996	60,93414	295,36758
60,98413	59,88856	60,98413	0,434754	60,98413	1002,183594	60,98413	93,943932	60,98413	296,7168
61,03411	60,05186	61,03411	0,433677	61,03411	1001,113281	61,03411	93,86116	61,03411	296,52655
61,0841	60,30758	61,0841	0,434885	61,0841	1000,464844	61,0841	93,760506	61,0841	297,82755
61,13409	60,3783	61,13409	0,435551	61,13409	1001,261719	61,13409	93,755905	61,13409	298,79352
61,18407	60,45961	61,18407	0,435567	61,18407	1000,855469	61,18407	93,821732	61,18407	298,39005
61,23406	60,58494	61,23406	0,435049	61,23406	1002,207031	61,23406	93,778618	61,23406	299,26825
61,28405	60,67808	61,28405	0,435682	61,28405	1001,820313	61,28405	93,902245	61,28405	299,90369
61,33403	60,85429	61,33403	0,43597	61,33403	1001,136719	61,33403	93,747017	61,33403	300,28891
61,38402	60,99468	61,38402	0,436115	61,38402	1000,722656	61,38402	93,761841	61,38402	301,05038
61,43401	61,09918	61,43401	0,436137	61,43401	1001,632813	61,43401	93,773979	61,43401	301,43784
61,484	61,24359	61,484	0,436098	61,484	1001,597656	61,484	93,79126	61,484	301,82281
61,53398	61,34158	61,53398	0,43532	61,53398	1002,550781	61,53398	93,752159	61,53398	302,20383
61,58397	61,4829	61,58397	0,435647	61,58397	1002,148438	61,58397	93,870651	61,58397	303,82788
61,63396	61,63501	61,63396	0,435077	61,63396	1001,960938	61,63396	93,761086	61,63396	304,34033
61,68394	61,7234	61,68394	0,436294	61,68394	1000,140625	61,68394	93,587868	61,68394	305,06403
61,73393	61,82846	61,73393	0,436105	61,73393	1001,09375	61,73393	93,675858	61,73393	304,95786
61,78392	61,94341	61,78392	0,436331	61,78392	1001,386719	61,78392	93,765593	61,78392	304,86411
61,8339	62,06686	61,8339	0,435147	61,8339	1002,277344	61,8339	93,839691	61,8339	305,61227
61,88389	62,22722	61,88389	0,435468	61,88389	1002,726563	61,88389	93,844788	61,88389	306,50989
61,93388	62,85088	61,93388	0,436219	61,93388	1000,609375	61,93388	93,74929	61,93388	309,24481
61,98387	62,96109	61,98387	0,436015	61,98387	999,4414063	61,98387	93,5737	61,98387	309,61569
62,03385	62,71285	62,03385	0,436112	62,03385	1000,882813	62,03385	93,586594	62,03385	309,2988
62,08384	62,37444	62,08384	0,436131	62,08384	1000,9375	62,08384	93,618309	62,08384	307,33078
62,13383	62,57351	62,13383	0,43607	62,13383	1003,292969	62,13383	93,707077	62,13383	307,76193
62,18381	62,75858	62,18381	0,435856	62,18381	1003,722656	62,18381	94,024918	62,18381	308,18799
62,2338	62,95698	62,2338	0,435516	62,2338	1003,265625	62,2338	94,128616	62,2338	309,09747
62,28379	63,1073	62,28379	0,435726	62,28379	1003,480469	62,28379	93,920708	62,28379	309,40256
62,33377	63,15691	62,33377	0,43641	62,33377	1003,429688	62,33377	93,7239	62,33377	309,04184
62,38376	63,26455	62,38376	0,436489	62,38376	1003,652344	62,38376	93,856758	62,38376	309,20822
62,43375	63,22639	62,43375	0,436431	62,43375	1004,507813	62,43375	93,872223	62,43375	309,93369
62,48374	63,26629	62,48374	0,435918	62,48374	1003,601563	62,48374	93,839661	62,48374	309,78506
62,53372	63,39793	62,53372	0,435932	62,53372	1003,90625	62,53372	93,707436	62,53372	311,26425
62,58371	63,57827	62,58371	0,435995	62,58371	1002,121094	62,58371	93,61644	62,58371	311,85263
62,6337	64,90968	62,6337	0,436455	62,6337	999,1171875	62,6337	93,688164	62,6337	317,55988
62,68368	64,70811	62,68368	0,437729	62,68368	998,9921875	62,68368	93,541878	62,68368	317,39383
62,73367	64,31757	62,73367	0,437546	62,73367	998,875	62,73367	93,602188	62,73367	314,91507
62,78366	64,46966	62,78366	0,438302	62,78366	999,8125	62,78366	93,68074	62,78366	314,89404
62,83364	64,58286	62,83364	0,438941	62,83364	1001,179688	62,83364	93,564438	62,83364	315,97501
62,88363	64,65686	62,88363	0,43924	62,88363	999,5664063	62,88363	93,437073	62,88363	315,25211
62,93362	64,75428	62,93362	0,44023	62,93362	1001,566406	62,93362	93,302483	62,93362	315,46939
62,98361	64,79149	62,98361	0,440693	62,98361	1002,875	62,98361	93,469681	62,98361	315,1694
63,03359	64,83315	63,03359	0,440396	63,03359	1003,183594	63,03359	93,653008	63,03359	314,79468
63,08358	64,86994	63,08358	0,441503	63,08358	1004,9375	63,08358	93,643127	63,08358	315,80063
63,13357	64,90619	63,13357	0,439884	63,13357	1004,515625	63,13357	93,525459	63,13357	315,66422
63,18355	65,00973	63,18355	0,439706	63,18355	1002,953125	63,18355	93,717834	63,18355	316,12164
63,23354	64,83896	63,23354	0,439372	63,23354	1004,640625	63,23354	93,831764	63,23354	315,25348
63,28353	64,79006	63,28353	0,440687	63,28353	1005,21875	63,28353	93,760971	63,28353	313,77405
63,33351	64,87091	63,33351	0,440274	63,33351	1005,882813	63,33351	93,786156	63,33351	314,73947
63,3835	64,81787	63,3835	0,439992	63,3835	1006,292969	63,3835	93,698509	63,3835	315,24338
63,43349	64,83353	63,43349	0,440655	63,43349	1005,347656	63,43349	93,542549	63,43349	315,21799
63,48348	64,81535	63,48348	0,439848	63,48348	1004,441406	63,48348	93,609085	63,48348	315,38638
63,53346	64,7216	63,53346	0,440008	63,53346	1004,320313	63,53346	93,722954	63,53346	314,85699
63,58345	64,68653	63,58345	0,438336	63,58345	1004,890625	63,58345	93,870651	63,58345	314,3494
63,63344	64,64441	63,63344	0,440647	63,63344	1005,921875	63,63344	93,817589	63,63344	314,01086
63,68342	64,73843	63,68342	0,440212	63,68342	1006,300781	63,68342	93,670731	63,68342	313,97678
63,73341	64,67547	63,73341	0,440086	63,73341	1005,695313	63,73341	93,897125	63,73341	314,66385

63,7834	64,6658	63,7834	0,44048	63,7834	1004,339844	63,7834	94,034706	63,7834	313,92212
63,83338	64,65926	63,83338	0,439705	63,83338	1004,238281	63,83338	93,798363	63,83338	314,17896
63,88337	64,61036	63,88337	0,439885	63,88337	1005,402344	63,88337	93,620064	63,88337	313,92737
63,93336	64,48953	63,93336	0,440026	63,93336	1005,300781	63,93336	93,652023	63,93336	312,76312
63,98335	64,56419	63,98335	0,440547	63,98335	1006,507813	63,98335	93,754913	63,98335	312,70499
64,03333	64,54208	64,03333	0,441087	64,03333	1006,1875	64,03333	93,835037	64,03333	312,98529
64,08332	64,5389	64,08332	0,440615	64,08332	1004,941406	64,08332	93,770012	64,08332	312,89334
64,13331	64,52084	64,13331	0,441277	64,13331	1004,675781	64,13331	93,753441	64,13331	313,02298
64,18329	64,43919	64,18329	0,440751	64,18329	1004,691406	64,18329	93,707062	64,18329	312,77106
64,23328	64,43374	64,23328	0,440815	64,23328	1004,632813	64,23328	93,695503	64,23328	313,13666
64,28327	64,32145	64,28327	0,441721	64,28327	1006,039063	64,28327	93,814812	64,28327	312,34125
64,33325	63,90773	64,33325	0,441645	64,33325	1006,644531	64,33325	93,948112	64,33325	308,71802
64,38324	69,75327	64,38324	0,441145	64,38324	998,03125	64,38324	93,561462	64,38324	335,34839
64,43323	70,32693	64,43323	0,441835	64,43323	987,4023438	64,43323	92,939453	64,43323	341,14075
64,48321	69,49538	64,48321	0,442892	64,48321	984,2695313	64,48321	92,168411	64,48321	336,95142
64,5332	69,2858	64,5332	0,444314	64,5332	984,4335938	64,5332	91,447121	64,5332	336,28979
64,58319	69,22422	64,58319	0,445298	64,58319	985,4804688	64,58319	91,174339	64,58319	335,26245
64,63318	69,54891	64,63318	0,445893	64,63318	987,0664063	64,63318	91,105591	64,63318	335,93384
64,68316	69,78094	64,68316	0,447361	64,68316	989,2539063	64,68316	91,221512	64,68316	337,01242
64,73315	70,15378	64,73315	0,448322	64,73315	990,96875	64,73315	91,258797	64,73315	336,10498
64,78314	71,84406	64,78314	0,450606	64,78314	992,5078125	64,78314	91,470497	64,78314	342,31531
64,83312	71,77159	64,83312	0,450465	64,83312	993,3398438	64,83312	91,623032	64,83312	341,60349
64,88311	71,8141	64,88311	0,451243	64,88311	994,3125	64,88311	91,632103	64,88311	340,75735
64,9331	71,91809	64,9331	0,45039	64,9331	995,9765625	64,9331	91,689003	64,9331	343,02371
64,98308	71,82738	64,98308	0,451281	64,98308	995,6796875	64,98308	91,820686	64,98308	342,38446
65,03307	71,81596	65,03307	0,450449	65,03307	997,6914063	65,03307	92,019661	65,03307	341,26202
65,08306	71,57279	65,08306	0,451094	65,08306	1000,671875	65,08306	92,363518	65,08306	340,44214
65,13305	71,30425	65,13305	0,452236	65,13305	1002,597656	65,13305	92,543671	65,13305	338,39932
65,18303	71,13228	65,18303	0,45134	65,18303	1005,433594	65,18303	92,743515	65,18303	337,52631
65,23302	69,76167	65,23302	0,450355	65,23302	1008,6875	65,23302	92,986916	65,23302	332,24503
65,28301	69,40674	65,28301	0,450936	65,28301	1011,023438	65,28301	93,186142	65,28301	329,45145
65,33299	69,18414	65,33299	0,449219	65,33299	1014,285156	65,33299	93,637718	65,33299	328,19754
65,38298	68,71431	65,38298	0,448947	65,38298	1016,992188	65,38298	94,067192	65,38298	325,10721
65,43297	68,59644	65,43297	0,446679	65,43297	1017,917969	65,43297	94,173035	65,43297	324,81134
65,48295	68,22137	65,48295	0,446733	65,48295	1019,453125	65,48295	94,3507	65,48295	323,75113
65,53294	66,37236	65,53294	0,444153	65,53294	1021,394531	65,53294	94,504753	65,53294	316,01294
65,58293	66,19111	65,58293	0,44327	65,58293	1022,394531	65,58293	94,642929	65,58293	315,18854
65,63292	65,97134	65,63292	0,442153	65,63292	1021,457031	65,63292	94,857704	65,63292	314,51654
65,6829	65,50523	65,6829	0,440927	65,6829	1021,855469	65,6829	95,00531	65,6829	311,80038
65,73289	65,24601	65,73289	0,439808	65,73289	1021,75	65,73289	95,005066	65,73289	310,48621
65,78288	64,89225	65,78288	0,439139	65,78288	1021,203125	65,78288	94,881653	65,78288	308,97638
65,83286	64,66312	65,83286	0,439499	65,83286	1020,523438	65,83286	94,953995	65,83286	307,93365
65,88285	64,46104	65,88285	0,439453	65,88285	1018,945313	65,88285	94,878311	65,88285	307,50854
65,93284	64,7501	65,93284	0,438598	65,93284	1015,195313	65,93284	94,781502	65,93284	309,75909
65,98282	64,72736	65,98282	0,439099	65,98282	1012,53125	65,98282	94,543205	65,98282	309,49371
66,03281	64,39779	66,03281	0,44062	66,03281	1011,234375	66,03281	94,322807	66,03281	307,93658
66,0828	64,20898	66,0828	0,4412	66,0828	1009,492188	66,0828	94,106331	66,0828	307,70667
66,13279	64,06204	66,13279	0,441515	66,13279	1009,523438	66,13279	93,892761	66,13279	307,33759
66,18277	63,89785	66,18277	0,443127	66,18277	1008,128906	66,18277	93,800613	66,18277	307,06378
66,23276	63,8959	66,23276	0,44286	66,23276	1007,289063	66,23276	93,764389	66,23276	308,04391
66,28275	63,88369	66,28275	0,44384	66,28275	1005,960938	66,28275	93,651451	66,28275	308,25351
66,33273	63,85854	66,33273	0,445825	66,33273	1006,308594	66,33273	93,485268	66,33273	307,51877
66,38272	63,86811	66,38272	0,446364	66,38272	1006,246094	66,38272	93,572845	66,38272	307,58997
66,43271	63,58554	66,43271	0,447586	66,43271	1006,261719	66,43271	93,571342	66,43271	306,63751
66,48269	63,68209	66,48269	0,447327	66,48269	1006,003906	66,48269	93,694763	66,48269	306,66669
66,53268	63,72101	66,53268	0,447297	66,53268	1006,375	66,53268	93,657578	66,53268	307,05896
66,58267	63,66849	66,58267	0,447689	66,58267	1004,179688	66,58267	93,513359	66,58267	306,95987
66,63266	63,79338	66,63266	0,448058	66,63266	1004,945313	66,63266	93,58947	66,63266	307,32919
66,68264	64,15445	66,68264	0,447494	66,68264	1004,617188	66,68264	93,470016	66,68264	308,74219
66,73263	64,04601	66,73263	0,44838	66,73263	1003,402344	66,73263	93,447449	66,73263	308,39291
66,78262	64,12466	66,78262	0,447844	66,78262	1004,800781	66,78262	93,3629	66,78262	309,69495
66,8326	64,15202	66,8326	0,447166	66,8326	1004,171875	66,8326	93,196053	66,8326	310,16605
66,88259	64,21559	66,88259	0,446617	66,88259	1002,390625	66,88259	93,155487	66,88259	309,84778
66,93258	64,32391	66,93258	0,447564	66,93258	1003,847656	66,93258	93,045876	66,93258	311,55655

66,98256	64,24413	66,98256	0,446977	66,98256	1003,75	66,98256	93,022606	66,98256	310,39221
67,03255	64,33825	67,03255	0,447155	67,03255	1004,707031	67,03255	93,027519	67,03255	309,90137
67,08254	64,41726	67,08254	0,448157	67,08254	1006,253906	67,08254	93,004028	67,08254	312,43073
67,13253	64,49274	67,13253	0,447513	67,13253	1005,03125	67,13253	93,098251	67,13253	312,34384
67,18251	64,67242	67,18251	0,445861	67,18251	1004,839844	67,18251	93,138504	67,18251	312,53625
67,2325	64,61791	67,2325	0,445293	67,2325	1005,644531	67,2325	93,25531	67,2325	312,2944
67,28249	64,6715	67,28249	0,446051	67,28249	1005,390625	67,28249	93,257263	67,28249	312,28226
67,33247	64,72597	67,33247	0,446464	67,33247	1006,496094	67,33247	93,11232	67,33247	312,74484
67,38246	64,68539	67,38246	0,444949	67,38246	1007,230469	67,38246	93,211166	67,38246	312,00812
67,43245	64,78252	67,43245	0,444794	67,43245	1006,503906	67,43245	93,173485	67,43245	313,02426
67,48243	64,84022	67,48243	0,444474	67,48243	1006,796875	67,48243	93,217621	67,48243	313,69879
67,53242	64,81224	67,53242	0,444277	67,53242	1005,84375	67,53242	93,16394	67,53242	312,78867
67,58241	64,80007	67,58241	0,445159	67,58241	1006,714844	67,58241	93,087807	67,58241	312,09714
67,6324	64,74306	67,6324	0,445838	67,6324	1007,140625	67,6324	93,059113	67,6324	312,57797
67,68238	64,74662	67,68238	0,445871	67,68238	1007,222656	67,68238	93,341537	67,68238	312,02386
67,73237	64,83826	67,73237	0,445042	67,73237	1007,539063	67,73237	93,485138	67,73237	312,76459
67,78236	64,8215	67,78236	0,444471	67,78236	1006,703125	67,78236	93,423241	67,78236	312,99088
67,83234	64,85201	67,83234	0,445423	67,83234	1005,441406	67,83234	93,23735	67,83234	313,047
67,88233	64,85537	67,88233	0,445763	67,88233	1007,472656	67,88233	93,286812	67,88233	312,82462
67,93232	64,81245	67,93232	0,446044	67,93232	1007,207031	67,93232	93,371269	67,93232	312,34915
67,9823	64,83565	67,9823	0,445696	67,9823	1007,472656	67,9823	93,359146	67,9823	312,67831
68,03229	64,76907	68,03229	0,447309	68,03229	1007,289063	68,03229	93,193314	68,03229	312,52478
68,08228	64,79933	68,08228	0,446711	68,08228	1006,457031	68,08228	93,223091	68,08228	312,49866
68,13227	64,88415	68,13227	0,445842	68,13227	1005,582031	68,13227	93,305679	68,13227	312,94913
68,18225	64,29326	68,18225	0,446047	68,18225	1007,746094	68,18225	93,331764	68,18225	308,61563
68,23224	64,34255	68,23224	0,445659	68,23224	1008,445313	68,23224	93,277718	68,23224	308,60315
68,28223	64,40197	68,28223	0,445882	68,28223	1009,066406	68,28223	93,384621	68,28223	309,9324
68,33221	64,46975	68,33221	0,446269	68,33221	1008,582031	68,33221	93,356781	68,33221	310,54501
68,3822	64,53457	68,3822	0,446019	68,3822	1007,980469	68,3822	93,287758	68,3822	310,54678
68,43219	64,47811	68,43219	0,446365	68,43219	1006,074219	68,43219	93,322746	68,43219	310,72852
68,48217	64,45286	68,48217	0,445157	68,48217	1006,703125	68,48217	93,323708	68,48217	310,17633
68,53216	64,46235	68,53216	0,445784	68,53216	1007,328125	68,53216	93,2033	68,53216	309,80698
68,58215	64,52119	68,58215	0,445924	68,58215	1006,660156	68,58215	93,095764	68,58215	310,44501
68,63213	64,57819	68,63213	0,445619	68,63213	1006,839844	68,63213	93,226433	68,63213	311,29785
68,68212	64,60473	68,68212	0,445039	68,68212	1006,367188	68,68212	93,164513	68,68212	311,6944
68,73211	64,75758	68,73211	0,446045	68,73211	1004,636719	68,73211	93,044655	68,73211	312,01181
68,7821	64,80739	68,7821	0,445946	68,7821	1005,101563	68,7821	93,115692	68,7821	312,69577
68,83208	64,84667	68,83208	0,446221	68,83208	1004,804688	68,83208	93,055351	68,83208	312,55573
68,88207	65,06747	68,88207	0,44395	68,88207	1004,078125	68,88207	93,093605	68,88207	313,95267
68,93206	65,18338	68,93206	0,444916	68,93206	1004,820313	68,93206	93,082306	68,93206	314,45303
68,98204	65,34076	68,98204	0,445073	68,98204	1002,792969	68,98204	93,030296	68,98204	314,60928
69,03203	65,5986	69,03203	0,445412	69,03203	1001,347656	69,03203	92,952194	69,03203	316,12497
69,08202	65,75723	69,08202	0,446581	69,08202	1001,675781	69,08202	92,731323	69,08202	316,45578
69,132	66,01308	69,132	0,44613	69,132	1001,367188	69,132	92,679062	69,132	316,99673
69,18199	66,20912	69,18199	0,445945	69,18199	1001,996094	69,18199	92,75808	69,18199	317,92389
69,23198	66,3501	69,23198	0,44675	69,23198	1001,808594	69,23198	92,693489	69,23198	319,01428
69,28197	66,61298	69,28197	0,447013	69,28197	1000,949219	69,28197	92,603958	69,28197	319,86893
69,33195	66,88237	69,33195	0,446698	69,33195	1000,746094	69,33195	92,672249	69,33195	321,66373
69,38194	66,98533	69,38194	0,445776	69,38194	999,5898438	69,38194	92,65126	69,38194	321,3779
69,43193	67,24164	69,43193	0,446945	69,43193	1000,277344	69,43193	92,499939	69,43193	321,77295
69,48191	67,36993	69,48191	0,445068	69,48191	1001,242188	69,48191	92,516647	69,48191	322,99411
69,5319	67,56241	69,5319	0,44645	69,5319	1000,808594	69,5319	92,537537	69,5319	323,8125
69,58189	67,87961	69,58189	0,446128	69,58189	1001,125	69,58189	92,535645	69,58189	325,28955
69,63187	68,02306	69,63187	0,446826	69,63187	1000,128906	69,63187	92,559296	69,63187	325,91574
69,68186	68,24372	69,68186	0,446745	69,68186	999,140625	69,68186	92,442459	69,68186	326,5065
69,73185	68,41411	69,73185	0,447123	69,73185	1000,863281	69,73185	92,49485	69,73185	327,47531
69,78184	68,49703	69,78184	0,446726	69,78184	1000,347656	69,78184	92,39547	69,78184	327,42529
69,83182	68,69505	69,83182	0,446507	69,83182	1000,457031	69,83182	92,445854	69,83182	328,46408
69,88181	68,88387	69,88181	0,447456	69,88181	1001,007813	69,88181	92,449883	69,88181	329,70157
69,9318	69,08607	69,9318	0,448063	69,9318	999,3046875	69,9318	92,467171	69,9318	330,0376
69,98178	69,38066	69,98178	0,447371	69,98178	999,3789063	69,98178	92,368111	69,98178	331,16083
70,03177	69,76073	70,03177	0,447713	70,03177	999,703125	70,03177	92,380692	70,03177	332,63068
70,08176	69,84243	70,08176	0,447488	70,08176	999,1523438	70,08176	92,27681	70,08176	332,80801
70,13174	69,9912	70,13174	0,446815	70,13174	1000,382813	70,13174	92,227791	70,13174	333,91583

70,18173	70,12074	70,18173	0,447333	70,18173	999,9570313	70,18173	92,23867	70,18173	335,15469
70,23172	70,37846	70,23172	0,447761	70,23172	999,09375	70,23172	92,235542	70,23172	335,48633
70,28171	70,91664	70,28171	0,447595	70,28171	999,1523438	70,28171	92,002945	70,28171	337,53732
70,33169	70,82858	70,33169	0,447709	70,33169	1000,210938	70,33169	92,036316	70,33169	336,80252
70,38168	70,9753	70,38168	0,447888	70,38168	1000,746094	70,38168	92,069992	70,38168	337,3028
70,43167	71,09736	70,43167	0,448064	70,43167	1001,386719	70,43167	92,089951	70,43167	337,31894
70,48165	71,35644	70,48165	0,447463	70,48165	1001,847656	70,48165	92,090317	70,48165	338,25027
70,53164	71,55914	70,53164	0,447798	70,53164	1001,328125	70,53164	92,249275	70,53164	339,65729
70,58163	71,66962	70,58163	0,44727	70,58163	1001,386719	70,58163	92,251633	70,58163	339,82355
70,63161	71,77865	70,63161	0,448181	70,63161	1003,035156	70,63161	92,25708	70,63161	339,64563
70,6816	71,87571	70,6816	0,448179	70,6816	1003,304688	70,6816	92,342125	70,6816	339,39047
70,73159	72,04854	70,73159	0,448312	70,73159	1004,054688	70,73159	92,366425	70,73159	340,41974
70,78158	72,12087	70,78158	0,447989	70,78158	1004,269531	70,78158	92,305573	70,78158	341,1846
70,83156	72,17302	70,83156	0,447986	70,83156	1002,453125	70,83156	92,412361	70,83156	341,34973
70,88155	72,31882	70,88155	0,448535	70,88155	1002,695313	70,88155	92,553284	70,88155	341,03967
70,93154	72,31755	70,93154	0,448506	70,93154	1004,40625	70,93154	92,553703	70,93154	340,95068
70,98152	72,36618	70,98152	0,448079	70,98152	1003,585938	70,98152	92,409096	70,98152	340,70184
71,03151	72,47157	71,03151	0,448317	71,03151	1004,921875	71,03151	92,266136	71,03151	341,68478
71,0815	72,39574	71,0815	0,448182	71,0815	1003,929688	71,0815	92,387413	71,0815	341,59641
71,13148	72,54369	71,13148	0,447718	71,13148	1002,484375	71,13148	92,287132	71,13148	342,4541
71,18147	72,55044	71,18147	0,447833	71,18147	1002,84375	71,18147	92,106361	71,18147	343,07095
71,23146	72,48875	71,23146	0,449274	71,23146	1002,882813	71,23146	92,165245	71,23146	341,95502
71,28145	72,52988	71,28145	0,448157	71,28145	1003,257813	71,28145	92,235291	71,28145	341,94739
71,33143	72,56858	71,33143	0,449109	71,33143	1005,117188	71,33143	92,297455	71,33143	342,2803
71,38142	72,6576	71,38142	0,449354	71,38142	1003,84375	71,38142	92,414223	71,38142	342,66553
71,43141	72,78912	71,43141	0,448176	71,43141	1003,824219	71,43141	92,496544	71,43141	343,37595
71,48139	72,74925	71,48139	0,448984	71,48139	1002,882813	71,48139	92,478378	71,48139	343,15408
71,53138	72,78125	71,53138	0,448694	71,53138	1002,828125	71,53138	92,461571	71,53138	342,47961
71,58137	72,73193	71,58137	0,449584	71,58137	1003,9375	71,58137	92,482742	71,58137	342,0806
71,63135	72,69651	71,63135	0,44958	71,63135	1003,925781	71,63135	92,400795	71,63135	342,70166
71,68134	72,85551	71,68134	0,449996	71,68134	1003,527344	71,68134	92,177544	71,68134	343,51523
71,73133	72,89278	71,73133	0,449693	71,73133	1004,066406	71,73133	91,994667	71,73133	343,91705
71,78132	72,97463	71,78132	0,449932	71,78132	1002,53125	71,78132	92,178299	71,78132	343,62875
71,8313	73,13868	71,8313	0,449132	71,8313	1003,863281	71,8313	92,241516	71,8313	344,45389
71,88129	73,0806	71,88129	0,450805	71,88129	1004,167969	71,88129	92,221268	71,88129	344,48438
71,93128	73,1461	71,93128	0,4507	71,93128	1004,011719	71,93128	92,327438	71,93128	344,4375
71,98126	73,24868	71,98126	0,450068	71,98126	1004,847656	71,98126	92,361961	71,98126	344,96182
72,03125	73,25538	72,03125	0,450467	72,03125	1003,933594	72,03125	92,484116	72,03125	345,44507
72,08124	73,3323	72,08124	0,449648	72,08124	1002,152344	72,08124	92,31279	72,08124	345,71368
72,13122	73,32162	72,13122	0,450815	72,13122	1003,390625	72,13122	92,174286	72,13122	345,5545
72,18121	73,24917	72,18121	0,450938	72,18121	1003,269531	72,18121	92,175232	72,18121	344,23529
72,2312	73,33329	72,2312	0,450187	72,2312	1003,917969	72,2312	92,248398	72,2312	344,45343
72,28119	73,36694	72,28119	0,450737	72,28119	1004,09375	72,28119	92,359787	72,28119	345,27222
72,33117	73,4809	72,33117	0,450008	72,33117	1003,4375	72,33117	92,272835	72,33117	345,22729
72,38116	73,51176	72,38116	0,450359	72,38116	1002,597656	72,38116	92,081261	72,38116	345,84384
72,43115	73,49056	72,43115	0,450792	72,43115	1003,023438	72,43115	92,116814	72,43115	345,42154
72,48113	73,52771	72,48113	0,450621	72,48113	1003,253906	72,48113	92,222992	72,48113	345,44519
72,53112	73,48817	72,53112	0,450779	72,53112	1003,925781	72,53112	92,253761	72,53112	345,04468
72,58111	73,60703	72,58111	0,450657	72,58111	1003,867188	72,58111	92,085289	72,58111	345,77219
72,63109	73,64137	72,63109	0,450308	72,63109	1003,585938	72,63109	92,256493	72,63109	346,24649
72,68108	73,64604	72,68108	0,451239	72,68108	1001,625	72,68108	92,244728	72,68108	346,54324
72,73107	73,71186	72,73107	0,451756	72,73107	1002,417969	72,73107	92,174667	72,73107	346,41223
72,78105	73,63182	72,78105	0,452081	72,78105	1003,230469	72,78105	92,188339	72,78105	345,15997
72,83104	73,6554	72,83104	0,45139	72,83104	1003,074219	72,83104	92,141617	72,83104	344,95981
72,88103	73,70597	72,88103	0,45202	72,88103	1004,214844	72,88103	92,082001	72,88103	345,66278
72,93102	73,69296	72,93102	0,45227	72,93102	1003,730469	72,93102	91,996834	72,93102	345,4306
72,981	73,77898	72,981	0,452227	72,981	1002,253906	72,981	92,028473	72,981	345,61746
73,03099	73,67908	73,03099	0,452485	73,03099	1003,050781	73,03099	92,105698	73,03099	346,32614
73,08098	73,51343	73,08098	0,453724	73,08098	1002,3125	73,08098	92,273087	73,08098	345,28812
73,13096	73,54236	73,13096	0,452109	73,13096	1002,972656	73,13096	92,169258	73,13096	344,90744
73,18095	73,41818	73,18095	0,453421	73,18095	1004,523438	73,18095	92,078667	73,18095	344,04053
73,23094	73,51902	73,23094	0,451802	73,23094	1003,109375	73,23094	92,113091	73,23094	344,91034
73,28092	73,55727	73,28092	0,453049	73,28092	1003,027344	73,28092	92,136749	73,28092	345,77026
73,33091	73,47622	73,33091	0,453022	73,33091	1003,382813	73,33091	92,289566	73,33091	344,64883

73,3809	73,52441	73,3809	0,453633	73,3809	1003,53125	73,3809	92,303688	73,3809	344,31696
73,43089	73,49747	73,43089	0,453359	73,43089	1004,976563	73,43089	92,268982	73,43089	344,58847
73,48087	73,44977	73,48087	0,453632	73,48087	1004,535156	73,48087	92,427353	73,48087	344,41034
73,53086	73,62236	73,53086	0,454689	73,53086	1004,277344	73,53086	92,387688	73,53086	344,92413
73,58085	73,59248	73,58085	0,454054	73,58085	1004,136719	73,58085	92,241119	73,58085	345,06729
73,63083	73,54904	73,63083	0,454988	73,63083	1002,859375	73,63083	92,269463	73,63083	344,64822
73,68082	73,53468	73,68082	0,454767	73,68082	1003,742188	73,68082	92,35968	73,68082	345,20834
73,73081	73,40441	73,73081	0,455259	73,73081	1004,070313	73,73081	92,222282	73,73081	344,34396
73,78079	73,42257	73,78079	0,454499	73,78079	1003,675781	73,78079	92,308197	73,78079	343,96909
73,83078	73,46413	73,83078	0,455205	73,83078	1004,355469	73,83078	92,279617	73,83078	345,36295
73,88077	73,43999	73,88077	0,455587	73,88077	1003,058594	73,88077	92,337967	73,88077	345,11377
73,93076	73,9278	73,93076	0,455508	73,93076	1001,78125	73,93076	92,372772	73,93076	346,58875
73,98074	74,1947	73,98074	0,454225	73,98074	1002,246094	73,98074	92,298599	73,98074	348,84406
74,03073	73,89854	74,03073	0,449461	74,03073	1001,078125	74,03073	92,213783	74,03073	347,75632
74,08072	73,96898	74,08072	0,450401	74,08072	1002,234375	74,08072	92,054459	74,08072	347,25858
74,1307	74,01131	74,1307	0,449549	74,1307	1002,640625	74,1307	91,894402	74,1307	347,63525
74,18069	74,09428	74,18069	0,449472	74,18069	1001,410156	74,18069	91,769592	74,18069	347,57605
74,23068	74,04563	74,23068	0,450704	74,23068	1001,25	74,23068	91,705803	74,23068	347,76959
74,28066	73,89045	74,28066	0,453493	74,28066	1002,835938	74,28066	91,657784	74,28066	346,10464
74,33065	74,04118	74,33065	0,455943	74,33065	1002,980469	74,33065	91,547676	74,33065	346,4137
74,38064	74,09858	74,38064	0,456151	74,38064	1004,160156	74,38064	91,531685	74,38064	347,23755
74,43063	74,13922	74,43063	0,457351	74,43063	1003,480469	74,43063	91,57209	74,43063	348,30524
74,48061	74,21238	74,48061	0,457213	74,48061	1002,519531	74,48061	91,670677	74,48061	348,89633
74,5306	74,20251	74,5306	0,457238	74,5306	1001,894531	74,5306	91,769569	74,5306	348,57886
74,58059	74,13822	74,58059	0,457469	74,58059	1003,382813	74,58059	91,761017	74,58059	347,71692
74,63057	74,24699	74,63057	0,457037	74,63057	1003,496094	74,63057	91,763123	74,63057	348,09335
74,68056	74,26196	74,68056	0,457638	74,68056	1003,695313	74,68056	91,716614	74,68056	348,75064
74,73055	74,24699	74,73055	0,456656	74,73055	1003,382813	74,73055	91,712349	74,73055	348,83087
74,78053	74,20532	74,78053	0,457048	74,78053	1002,496094	74,78053	91,637939	74,78053	348,59262
74,83052	74,25176	74,83052	0,456953	74,83052	1001,386719	74,83052	91,652397	74,83052	348,78986
74,88051	74,22978	74,88051	0,456457	74,88051	1002,75	74,88051	91,638054	74,88051	348,93924
74,9305	74,15854	74,9305	0,457046	74,9305	1001,9375	74,9305	91,685707	74,9305	348,31735
74,98048	74,20682	74,98048	0,457037	74,98048	1003,566406	74,98048	91,614349	74,98048	347,70297
75,03047	74,24136	75,03047	0,456888	75,03047	1003,867188	75,03047	91,525414	75,03047	348,78479
75,08046	74,27317	75,08046	0,456811	75,08046	1002,152344	75,08046	91,554047	75,08046	349,02841
75,13044	74,31769	75,13044	0,457783	75,13044	1001,855469	75,13044	91,663559	75,13044	349,48557
75,18043	74,15243	75,18043	0,456599	75,18043	1002,378906	75,18043	91,614471	75,18043	348,53561
75,23042	74,16885	75,23042	0,457763	75,23042	1001,542969	75,23042	91,575363	75,23042	348,04837
75,2804	74,13413	75,2804	0,458036	75,2804	1003,523438	75,2804	91,530304	75,2804	348,6926
75,33039	74,13007	75,33039	0,458045	75,33039	1002,75	75,33039	91,54847	75,33039	348,32932
75,38038	74,31784	75,38038	0,458259	75,38038	1002,5	75,38038	91,529587	75,38038	349,32297
75,43037	74,3245	75,43037	0,459081	75,43037	1002,578125	75,43037	91,666245	75,43037	349,66382
75,48035	74,33946	75,48035	0,459357	75,48035	1002,929688	75,48035	91,708893	75,48035	348,48346
75,53034	74,40531	75,53034	0,459494	75,53034	1003,59375	75,53034	91,702705	75,53034	349,14691
75,58033	74,27286	75,58033	0,459266	75,58033	1004,355469	75,58033	91,831429	75,58033	348,39166
75,63031	74,31763	75,63031	0,459241	75,63031	1003,152344	75,63031	91,751602	75,63031	348,7764
75,6803	74,37473	75,6803	0,46045	75,6803	1003,921875	75,6803	91,616577	75,6803	349,54044
75,73029	74,31211	75,73029	0,459974	75,73029	1002,171875	75,73029	91,621719	75,73029	348,77362
75,78027	74,34392	75,78027	0,459959	75,78027	1002,433594	75,78027	91,632301	75,78027	348,52039
75,83026	74,25043	75,83026	0,460015	75,83026	1003,773438	75,83026	91,62011	75,83026	348,35178
75,88025	74,21453	75,88025	0,459694	75,88025	1003,304688	75,88025	91,662674	75,88025	348,08087
75,93024	74,34097	75,93024	0,459473	75,93024	1003,929688	75,93024	91,668732	75,93024	348,70874
75,98022	74,31323	75,98022	0,460429	75,98022	1004,066406	75,98022	91,829575	75,98022	348,64548
76,03021	74,3904	76,03021	0,460236	76,03021	1001,859375	76,03021	91,72641	76,03021	348,84329
76,0802	74,4181	76,0802	0,459327	76,0802	1002,683594	76,0802	91,775673	76,0802	349,31921
76,13018	74,24045	76,13018	0,460558	76,13018	1002,839844	76,13018	91,737045	76,13018	347,53833
76,18017	74,26175	76,18017	0,459529	76,18017	1003	76,18017	91,650047	76,18017	347,37167
76,23016	74,34713	76,23016	0,459766	76,23016	1004,101563	76,23016	91,640015	76,23016	348,13287
76,28014	74,38426	76,28014	0,461049	76,28014	1002,71875	76,28014	91,650124	76,28014	349,33566
76,33013	74,40879	76,33013	0,46015	76,33013	1001,175781	76,33013	91,619316	76,33013	349,53259
76,38012	74,41297	76,38012	0,461541	76,38012	1002,210938	76,38012	91,62632	76,38012	348,83014
76,43011	74,38604	76,43011	0,461136	76,43011	1002,183594	76,43011	91,654335	76,43011	347,72427
76,48009	74,48444	76,48009	0,460512	76,48009	1002,59375	76,48009	91,489052	76,48009	348,67523
76,53008	74,658	76,53008	0,461648	76,53008	1002,429688	76,53008	91,477417	76,53008	349,23392

76,58007	74,84517	76,58007	0,461243	76,58007	1001,359375	76,58007	91,4888	76,58007	350,65405
76,63005	74,95945	76,63005	0,462334	76,63005	999,4335938	76,63005	91,520752	76,63005	351,21753
76,68004	75,16059	76,68004	0,461403	76,68004	999,296875	76,68004	91,472008	76,68004	351,80872
76,73003	75,29935	76,73003	0,462093	76,73003	998,5859375	76,73003	91,405594	76,73003	353,05597
76,78001	75,37173	76,78001	0,462784	76,78001	997,9921875	76,78001	91,195137	76,78001	353,10074
76,83	75,67405	76,83	0,463683	76,83	998,015625	76,83	91,031754	76,83	354,92279
76,87999	75,93894	76,87999	0,463027	76,87999	997,5078125	76,87999	91,001045	76,87999	356,18472
76,92998	76,13622	76,92998	0,464679	76,92998	995,2539063	76,92998	90,926125	76,92998	357,241
76,97996	76,35364	76,97996	0,465754	76,97996	996,7578125	76,97996	90,982697	76,97996	357,16595
77,02995	76,78239	77,02995	0,466285	77,02995	996,2109375	77,02995	90,94487	77,02995	358,79694
77,07994	77,07879	77,07994	0,466433	77,07994	996,3007813	77,07994	90,80262	77,07994	359,55325
77,12992	77,31493	77,12992	0,46498	77,12992	997,140625	77,12992	90,702469	77,12992	361,57172
77,17991	77,52631	77,17991	0,466449	77,17991	995,6015625	77,17991	90,750069	77,17991	362,36664
77,2299	77,55515	77,2299	0,466092	77,2299	995,0390625	77,2299	90,811874	77,2299	362,4068
77,27988	77,11771	77,27988	0,466183	77,27988	998,2382813	77,27988	90,730637	77,27988	359,8905
77,32987	77,49989	77,32987	0,466222	77,32987	997,8828125	77,32987	90,757507	77,32987	359,89774
77,37986	76,65771	77,37986	0,466562	77,37986	1001,300781	77,37986	90,865196	77,37986	357,47754
77,42984	76,75	77,42984	0,466605	77,42984	1002,699219	77,42984	91,082314	77,42984	357,7525
77,47983	77,13127	77,47983	0,467213	77,47983	1002,578125	77,47983	91,199684	77,47983	358,96005
77,52982	77,29694	77,52982	0,467383	77,52982	1003,160156	77,52982	91,478188	77,52982	359,94968
77,57981	77,37695	77,57981	0,467333	77,57981	1002,953125	77,57981	91,72242	77,57981	359,55942
77,62979	77,44448	77,62979	0,467312	77,62979	1002,753906	77,62979	91,832787	77,62979	359,45236
77,67978	77,31522	77,67978	0,466018	77,67978	1004,390625	77,67978	91,958649	77,67978	358,72556
77,72977	77,23988	77,72977	0,465648	77,72977	1003,488281	77,72977	91,880859	77,72977	358,43967
77,77975	77,48061	77,77975	0,467022	77,77975	1003,738281	77,77975	91,873878	77,77975	360,3851
77,82974	77,53743	77,82974	0,467016	77,82974	1002,523438	77,82974	91,797836	77,82974	360,21054
77,87973	77,66448	77,87973	0,466553	77,87973	1001,675781	77,87973	91,716637	77,87973	360,68332
77,92971	77,73191	77,92971	0,466441	77,92971	1002,554688	77,92971	91,757813	77,92971	360,9957
77,9797	77,69556	77,9797	0,465858	77,9797	1002,089844	77,9797	91,677505	77,9797	360,75806
78,02969	77,856	78,02969	0,465887	78,02969	1001,414063	78,02969	91,456665	78,02969	361,63821
78,07968	77,94891	78,07968	0,466426	78,07968	1001,742188	78,07968	91,359863	78,07968	363,20523
78,12966	78,03162	78,12966	0,466299	78,12966	999,7695313	78,12966	91,386925	78,12966	362,79932
78,17965	78,18913	78,17965	0,467576	78,17965	1000,152344	78,17965	91,529778	78,17965	363,41257
78,22964	78,15273	78,22964	0,465938	78,22964	1000,65625	78,22964	91,492706	78,22964	362,69724
78,27962	78,23994	78,27962	0,467612	78,27962	1000,476563	78,27962	91,39077	78,27962	363,07718
78,32961	78,3814	78,32961	0,467638	78,32961	1001,203125	78,32961	91,385849	78,32961	363,54681
78,3796	78,52947	78,3796	0,468334	78,3796	1000,355469	78,3796	91,375504	78,3796	364,80106
78,42958	78,67691	78,42958	0,468386	78,42958	998,703125	78,42958	91,25827	78,42958	365,24503
78,47957	78,73302	78,47957	0,468376	78,47957	999,34375	78,47957	91,413216	78,47957	365,17053
78,52956	78,80391	78,52956	0,470049	78,52956	999,53125	78,52956	91,467102	78,52956	365,01199
78,57955	78,92798	78,57955	0,470365	78,57955	1000,3125	78,57955	91,423416	78,57955	365,35526
78,62953	79,09684	78,62953	0,470159	78,62953	1000,238281	78,62953	91,31749	78,62953	367,08755
78,67952	79,30385	78,67952	0,471033	78,67952	999,9765625	78,67952	91,270683	78,67952	368,08008
78,72951	79,41277	78,72951	0,47168	78,72951	998,6679688	78,72951	91,252487	78,72951	369,09152
78,77949	79,57888	78,77949	0,471465	78,77949	998,4492188	78,77949	91,148018	78,77949	368,85748
78,82948	79,60989	78,82948	0,471488	78,82948	999,2773438	78,82948	91,036232	78,82948	368,1864
78,87947	79,71475	78,87947	0,471075	78,87947	997,71875	78,87947	91,185059	78,87947	368,60574
78,92945	79,85006	78,92945	0,471987	78,92945	999,7304688	78,92945	91,250244	78,92945	369,80893
78,97944	79,94637	78,97944	0,47241	78,97944	999,890625	78,97944	91,128914	78,97944	370,86899
79,02943	80,01747	79,02943	0,471965	79,02943	997,8867188	79,02943	91,028297	79,02943	371,02487
79,07942	80,35027	79,07942	0,471866	79,07942	999,0859375	79,07942	91,029572	79,07942	371,8732
79,1294	82,61105	79,1294	0,47236	79,1294	995,7851563	79,1294	91,022278	79,1294	381,47018
79,17939	82,24947	79,17939	0,473487	79,17939	993,0273438	79,17939	90,902855	79,17939	380,98141
79,22938	81,91875	79,22938	0,473639	79,22938	993,890625	79,22938	90,674667	79,22938	379,58365
79,27936	82,03664	79,27936	0,473321	79,27936	993,3945313	79,27936	90,694359	79,27936	379,54102
79,32935	82,05683	79,32935	0,474048	79,32935	992,8945313	79,32935	90,942719	79,32935	379,43024
79,37934	81,71082	79,37934	0,474122	79,37934	997,1992188	79,37934	91,166161	79,37934	377,55991
79,42932	81,95937	79,42932	0,475215	79,42932	997,4140625	79,42932	91,337265	79,42932	377,60345
79,47931	82,30642	79,47931	0,475464	79,47931	999,3046875	79,47931	91,47377	79,47931	379,25391
79,5293	82,2669	79,5293	0,474657	79,5293	1000,6875	79,5293	91,635574	79,5293	379,09476
79,57929	82,34716	79,57929	0,474737	79,57929	1000,214844	79,57929	91,652214	79,57929	379,13535
79,62927	81,39997	79,62927	0,475909	79,62927	1002,710938	79,62927	91,711525	79,62927	375,63147
79,67926	81,51047	79,67926	0,474951	79,67926	1004,917969	79,67926	91,977936	79,67926	374,5076
79,72925	81,71755	79,72925	0,474764	79,72925	1004,824219	79,72925	92,154121	79,72925	374,22742

79,77923	81,83971	79,77923	0,47613	79,77923	1006,785156	79,77923	92,009247	79,77923	375,34473
79,82922	81,7951	79,82922	0,475978	79,82922	1005,65625	79,82922	91,752213	79,82922	375,43344
79,87921	82,02105	79,87921	0,475399	79,87921	1004,597656	79,87921	91,660675	79,87921	377,1911
79,92919	82,02518	79,92919	0,475476	79,92919	1003,660156	79,92919	91,679924	79,92919	377,75693
79,97918	81,98972	79,97918	0,475487	79,97918	1003,175781	79,97918	91,644257	79,97918	376,88382
80,02917	82,03877	80,02917	0,475393	80,02917	1003,839844	80,02917	91,484116	80,02917	375,86874
80,07916	82,01035	80,07916	0,475173	80,07916	1003,816406	80,07916	91,397415	80,07916	376,70111
80,12914	82,01064	80,12914	0,476141	80,12914	1002,570313	80,12914	91,310524	80,12914	377,5528
80,17913	81,98894	80,17913	0,47613	80,17913	1003,097656	80,17913	91,266197	80,17913	377,57666
80,22912	82,05939	80,22912	0,475989	80,22912	1000,75	80,22912	91,191124	80,22912	378,82272
80,2791	82,063	80,2791	0,475841	80,2791	1000,605469	80,2791	91,093094	80,2791	378,5155
80,32909	82,03344	80,32909	0,475531	80,32909	1001,277344	80,32909	91,152031	80,32909	377,69519
80,37908	82,13515	80,37908	0,475998	80,37908	1001,554688	80,37908	91,169533	80,37908	377,97134
80,42906	82,20509	80,42906	0,475654	80,42906	1002,242188	80,42906	91,106377	80,42906	377,50827
80,47905	82,33069	80,47905	0,4755	80,47905	1001,996094	80,47905	91,055275	80,47905	378,5361
80,52904	82,46957	80,52904	0,476593	80,52904	1000,433594	80,52904	91,058327	80,52904	379,67142
80,57903	82,48894	80,57903	0,476951	80,57903	1001,136719	80,57903	91,154556	80,57903	378,82581
80,62901	82,54921	80,62901	0,476587	80,62901	1001,296875	80,62901	91,0401	80,62901	378,64325
80,679	82,56369	80,679	0,478427	80,679	1002,238281	80,679	91,129112	80,679	377,84299
80,72899	82,64328	80,72899	0,478516	80,72899	1001,976563	80,72899	91,200394	80,72899	378,65121
80,77897	82,75495	80,77897	0,477142	80,77897	1001,027344	80,77897	91,195724	80,77897	381,37772
80,82896	82,85126	80,82896	0,479108	80,82896	999,7382813	80,82896	91,064087	80,82896	381,90271
80,87895	82,84869	80,87895	0,479641	80,87895	999,1445313	80,87895	91,14608	80,87895	381,91537
80,92893	82,87704	80,92893	0,479986	80,92893	1000,148438	80,92893	91,171028	80,92893	380,9509
80,97892	82,87557	80,97892	0,479835	80,97892	1000,515625	80,97892	91,008049	80,97892	381,52023
81,02891	82,9595	81,02891	0,480561	81,02891	999,7890625	81,02891	90,921341	81,02891	382,71298
81,0789	83,04947	81,0789	0,480689	81,0789	1000,140625	81,0789	90,847992	81,0789	384,25494
81,12888	83,14243	81,12888	0,479995	81,12888	998,5585938	81,12888	90,813942	81,12888	383,45047
81,17887	83,40263	81,17887	0,480121	81,17887	999,6328125	81,17887	90,896149	81,17887	383,63889
81,22886	83,4559	81,22886	0,481095	81,22886	1001,582031	81,22886	91,028008	81,22886	382,4476
81,27884	83,59803	81,27884	0,480351	81,27884	1001,644531	81,27884	91,058868	81,27884	381,81647
81,32883	83,87787	81,32883	0,481291	81,32883	1002,71875	81,32883	91,145592	81,32883	383,173
81,37882	83,98078	81,37882	0,481023	81,37882	1003,007813	81,37882	91,147461	81,37882	384,48447
81,4288	84,16591	81,4288	0,481245	81,4288	1001,050781	81,4288	91,153801	81,4288	385,0462
81,47879	84,57771	81,47879	0,481381	81,47879	1002,011719	81,47879	91,101097	81,47879	387,15848
81,52878	84,52979	81,52878	0,480924	81,52878	1000,25	81,52878	91,072227	81,52878	387,56519
81,57876	84,54122	81,57876	0,481379	81,57876	999,5273438	81,57876	90,875473	81,57876	386,98553
81,62875	84,54546	81,62875	0,481841	81,62875	1000,839844	81,62875	90,832092	81,62875	387,42542
81,67874	84,60639	81,67874	0,481707	81,67874	999,171875	81,67874	90,849503	81,67874	388,63708
81,72873	84,80439	81,72873	0,482802	81,72873	998,4179688	81,72873	90,813393	81,72873	388,98459
81,77871	84,65926	81,77871	0,481481	81,77871	1000,011719	81,77871	90,780975	81,77871	387,71539
81,8287	84,6776	81,8287	0,482357	81,8287	999,6367188	81,8287	90,938698	81,8287	386,95822
81,87869	84,76473	81,87869	0,482872	81,87869	1000,921875	81,87869	90,887268	81,87869	387,62051
81,92867	84,70102	81,92867	0,482815	81,92867	1001,566406	81,92867	90,770958	81,92867	387,44135
81,97866	84,89582	81,97866	0,483195	81,97866	1000,761719	81,97866	90,585388	81,97866	389,2688
82,02865	84,92388	82,02865	0,48387	82,02865	1000,472656	82,02865	90,488235	82,02865	390,36035
82,07863	84,84981	82,07863	0,483998	82,07863	1000,960938	82,07863	90,584747	82,07863	388,69901
82,12862	84,63195	82,12862	0,484174	82,12862	1002,234375	82,12862	90,64257	82,12862	386,67224
82,17861	84,71832	82,17861	0,483802	82,17861	1004,183594	82,17861	90,758926	82,17861	386,6369
82,2286	84,84538	82,2286	0,484758	82,2286	1003,699219	82,2286	90,790268	82,2286	388,73087
82,27858	84,85851	82,27858	0,485536	82,27858	1002,640625	82,27858	90,781609	82,27858	391,11353
82,32857	84,75721	82,32857	0,484759	82,32857	1000,5625	82,32857	90,840431	82,32857	391,64594
82,37856	84,55625	82,37856	0,48494	82,37856	999,78125	82,37856	90,643898	82,37856	391,97833
82,42854	84,51547	82,42854	0,485634	82,42854	1001,253906	82,42854	90,466339	82,42854	389,18887
82,47853	84,59415	82,47853	0,48669	82,47853	1002,609375	82,47853	90,546585	82,47853	387,61432
82,52852	84,70876	82,52852	0,486154	82,52852	1003,855469	82,52852	90,562561	82,52852	387,51294
82,5785	84,8895	82,5785	0,486708	82,5785	1004,511719	82,5785	90,580841	82,5785	387,35294
82,62849	85,07693	82,62849	0,487101	82,62849	1004,230469	82,62849	90,697464	82,62849	387,33795
82,67848	85,32438	82,67848	0,486779	82,67848	1005,121094	82,67848	90,804008	82,67848	386,54553
82,72847	85,22634	82,72847	0,486577	82,72847	1005,179688	82,72847	90,804245	82,72847	386,40189
82,77845	84,86353	82,77845	0,485284	82,77845	1005,890625	82,77845	90,774101	82,77845	384,56308
82,82844	84,61596	82,82844	0,486099	82,82844	1008,414063	82,82844	90,640602	82,82844	381,95764
82,87843	85,00728	82,87843	0,486163	82,87843	1008,117188	82,87843	90,597847	82,87843	384,2193
82,92841	85,12067	82,92841	0,485818	82,92841	1007,011719	82,92841	90,647919	82,92841	385,3425

82,9784	85,01759	82,9784	0,486087	82,9784	1005,203125	82,9784	90,802933	82,9784	384,63333
83,02839	84,95602	83,02839	0,485664	83,02839	1005,40625	83,02839	90,758736	83,02839	384,19833
83,07837	84,81898	83,07837	0,486323	83,07837	1005,070313	83,07837	90,684273	83,07837	383,72455
83,12836	84,78201	83,12836	0,485898	83,12836	1004,546875	83,12836	90,680435	83,12836	383,61868
83,17835	84,8474	83,17835	0,485808	83,17835	1004,464844	83,17835	90,689003	83,17835	384,92279
83,22834	84,69513	83,22834	0,486709	83,22834	1003,53125	83,22834	90,755997	83,22834	385,0921
83,27832	84,58477	83,27832	0,485999	83,27832	1001,859375	83,27832	90,634476	83,27832	384,26361
83,32831	84,58994	83,32831	0,486881	83,32831	1003,71875	83,32831	90,441818	83,32831	384,56308
83,3783	84,52496	83,3783	0,486685	83,3783	1002,839844	83,3783	90,47641	83,3783	384,28015
83,42828	84,52589	83,42828	0,48693	83,42828	1003,140625	83,42828	90,527298	83,42828	383,97009
83,47827	84,52249	83,47827	0,486873	83,47827	1004,199219	83,47827	90,555618	83,47827	385,08032
83,52826	84,55634	83,52826	0,486879	83,52826	1002,402344	83,52826	90,608696	83,52826	385,65561
83,57824	84,56871	83,57824	0,488925	83,57824	1001,546875	83,57824	90,697037	83,57824	386,26718
83,62823	84,36404	83,62823	0,488375	83,62823	1003,035156	83,62823	90,656891	83,62823	385,39703
83,67822	84,38242	83,67822	0,488694	83,67822	1001,695313	83,67822	90,485985	83,67822	384,86426
83,72821	84,44474	83,72821	0,488449	83,72821	1003,339844	83,72821	90,477692	83,72821	386,10641
83,77819	84,43079	83,77819	0,488972	83,77819	1003,335938	83,77819	90,52581	83,77819	386,83344
83,82818	84,53751	83,82818	0,490012	83,82818	1002,238281	83,82818	90,485489	83,82818	386,84335
83,87817	84,56534	83,87817	0,490992	83,87817	1002,503906	83,87817	90,540016	83,87817	387,34833
83,92815	84,4729	83,92815	0,490027	83,92815	1002,878906	83,92815	90,546684	83,92815	385,93576
83,97814	84,57303	83,97814	0,489975	83,97814	1002,921875	83,97814	90,50193	83,97814	385,7218
84,02813	84,63435	84,02813	0,489446	84,02813	1004,917969	84,02813	90,518227	84,02813	386,53671
84,07811	84,57997	84,07811	0,489695	84,07811	1003,757813	84,07811	90,535797	84,07811	386,6409
84,1281	84,63768	84,1281	0,489558	84,1281	1004,121094	84,1281	90,535118	84,1281	386,75027
84,17809	84,60744	84,17809	0,489988	84,17809	1003,351563	84,17809	90,553787	84,17809	386,6358
84,22808	84,63515	84,22808	0,488767	84,22808	1003,140625	84,22808	90,517975	84,22808	385,89316
84,27806	84,56762	84,27806	0,491034	84,27806	1004,03125	84,27806	90,542801	84,27806	385,18405
84,32805	84,51302	84,32805	0,490294	84,32805	1003,929688	84,32805	90,592278	84,32805	385,6864
84,37804	84,53214	84,37804	0,490297	84,37804	1003,34375	84,37804	90,562447	84,37804	386,05774
84,42802	84,54787	84,42802	0,49134	84,42802	1003,070313	84,42802	90,515251	84,42802	388,5145
84,47801	84,43252	84,47801	0,490087	84,47801	1001,40625	84,47801	90,456337	84,47801	387,95105
84,528	84,37949	84,528	0,48979	84,528	1001,929688	84,528	90,441483	84,528	387,51874
84,57798	84,32841	84,57798	0,489941	84,57798	1002,332031	84,57798	90,484558	84,57798	386,33984
84,62797	84,34983	84,62797	0,490519	84,62797	1002,605469	84,62797	90,57103	84,62797	386,21976
84,67796	84,39583	84,67796	0,490569	84,67796	1002,949219	84,67796	90,520393	84,67796	386,91492
84,72795	84,46648	84,72795	0,490085	84,72795	1002,339844	84,72795	90,543167	84,72795	387,41269
84,77793	84,3886	84,77793	0,491475	84,77793	1000,738281	84,77793	90,576042	84,77793	388,30573
84,82792	84,53138	84,82792	0,490784	84,82792	1001,628906	84,82792	90,568115	84,82792	387,59143
84,87791	85,07057	84,87791	0,491988	84,87791	1001,335938	84,87791	90,542152	84,87791	389,01993
84,92789	84,98357	84,92789	0,490662	84,92789	1001,101563	84,92789	90,443024	84,92789	390,30591
84,97788	84,88075	84,97788	0,491873	84,97788	1000,480469	84,97788	90,299706	84,97788	389,96368
85,02787	84,9524	85,02787	0,491554	85,02787	1000,769531	85,02787	90,373016	85,02787	388,97812
85,07785	84,99013	85,07785	0,491655	85,07785	1000,402344	85,07785	90,399658	85,07785	388,53583
85,12784	85,14751	85,12784	0,493158	85,12784	1001,714844	85,12784	90,52285	85,12784	387,02844
85,17783	85,26859	85,17783	0,492655	85,17783	1003,324219	85,17783	90,532478	85,17783	386,43909
85,22782	85,43093	85,22782	0,492549	85,22782	1003,976563	85,22782	90,591797	85,22782	387,05206
85,2778	85,54532	85,2778	0,492805	85,2778	1003,980469	85,2778	90,563873	85,2778	387,66574
85,32779	85,5625	85,32779	0,492693	85,32779	1004,328125	85,32779	90,648476	85,32779	389,14917
85,37778	85,48497	85,37778	0,493919	85,37778	1001,4375	85,37778	90,706161	85,37778	389,98703
85,42776	85,05843	85,42776	0,493803	85,42776	1002,769531	85,42776	90,62159	85,42776	387,7803
85,47775	85,35739	85,47775	0,493311	85,47775	1003,101563	85,47775	90,450188	85,47775	389,67319
85,52774	86,11817	85,52774	0,493749	85,52774	1000,242188	85,52774	90,41626	85,52774	393,77496
85,57772	85,92684	85,57772	0,492994	85,57772	1000,066406	85,57772	90,290787	85,57772	394,39764
85,62771	85,97486	85,62771	0,492603	85,62771	998,8203125	85,62771	90,140312	85,62771	394,26038
85,6777	86,18407	85,6777	0,49342	85,6777	996,3554688	85,6777	90,019157	85,6777	395,3259
85,72768	87,8091	85,72768	0,493537	85,72768	995,6953125	85,72768	90,104309	85,72768	401,69116
85,77767	87,2785	85,77767	0,493714	85,77767	994,421875	85,77767	90,020264	85,77767	397,85403
85,82766	87,28773	85,82766	0,494074	85,82766	995,625	85,82766	89,805382	85,82766	397,03888
85,87765	86,42264	85,87765	0,494737	85,87765	999,3945313	85,87765	89,760941	85,87765	393,13898
85,92763	86,6422	85,92763	0,495322	85,92763	1000,789063	85,92763	89,760193	85,92763	392,65118
85,97762	86,82461	85,97762	0,494034	85,97762	1002,324219	85,97762	89,889481	85,97762	392,81451
86,02761	86,71409	86,02761	0,493482	86,02761	1004,796875	86,02761	90,212524	86,02761	391,29382
86,07759	86,89651	86,07759	0,495476	86,07759	1005,503906	86,07759	90,551582	86,07759	390,71866
86,12758	87,14775	86,12758	0,495371	86,12758	1007,398438	86,12758	90,661827	86,12758	392,26678

86,17757	87,11227	86,17757	0,49468	86,17757	1006,972656	86,17757	90,759293	86,17757	393,04416
86,22755	87,14718	86,22755	0,495635	86,22755	1006,058594	86,22755	90,721649	86,22755	393,56088
86,27754	87,02835	86,27754	0,495885	86,27754	1005,398438	86,27754	90,776321	86,27754	394,66119
86,32753	86,95118	86,32753	0,49357	86,32753	1004,652344	86,32753	90,767227	86,32753	394,00589
86,37752	87,01951	86,37752	0,495206	86,37752	1004,566406	86,37752	90,641182	86,37752	394,59976
86,4275	86,79514	86,4275	0,494889	86,4275	1004,738281	86,4275	90,726738	86,4275	394,4946
86,47749	86,67419	86,47749	0,495541	86,47749	1004,398438	86,47749	90,647453	86,47749	394,10263
86,52748	86,59032	86,52748	0,494864	86,52748	1004,371094	86,52748	90,563652	86,52748	395,44119
86,57746	85,54968	86,57746	0,493908	86,57746	1004,65625	86,57746	90,596252	86,57746	390,87064
86,62745	85,70722	86,62745	0,495296	86,62745	1005,3125	86,62745	90,949005	86,62745	389,84781
86,67744	85,87831	86,67744	0,49447	86,67744	1007,804688	86,67744	91,223663	86,67744	388,59674
86,72742	86,03667	86,72742	0,495356	86,72742	1008,578125	86,72742	91,154114	86,72742	387,75812
86,77741	86,07653	86,77741	0,495184	86,77741	1009,417969	86,77741	91,185249	86,77741	387,66147
86,8274	86,10458	86,8274	0,49466	86,8274	1008,875	86,8274	91,140022	86,8274	389,52026
86,87739	86,03055	86,87739	0,49478	86,87739	1007,230469	86,87739	91,082176	86,87739	389,97147
86,92737	85,93157	86,92737	0,494579	86,92737	1006,550781	86,92737	91,178734	86,92737	388,96432
86,97736	85,9528	86,97736	0,49485	86,97736	1007,40625	86,97736	91,05307	86,97736	387,95053
87,02735	85,95303	87,02735	0,494925	87,02735	1007,460938	87,02735	91,03051	87,02735	386,77716
87,07733	85,97285	87,07733	0,495927	87,07733	1007,492188	87,07733	90,919998	87,07733	389,1572
87,12732	85,938	87,12732	0,496144	87,12732	1006,835938	87,12732	90,860435	87,12732	389,4126
87,17731	85,87608	87,17731	0,494519	87,17731	1005,484375	87,17731	90,727707	87,17731	391,14612
87,22729	85,79339	87,22729	0,494551	87,22729	1003,460938	87,22729	90,69239	87,22729	391,39978
87,27728	85,76107	87,27728	0,49655	87,27728	1004,773438	87,27728	90,876205	87,27728	389,71179
87,32727	85,86813	87,32727	0,49539	87,32727	1005,453125	87,32727	90,816299	87,32727	388,92908
87,37726	85,94804	87,37726	0,495497	87,37726	1005,375	87,37726	90,745773	87,37726	389,37097
87,42724	85,64732	87,42724	0,495993	87,42724	1006,4375	87,42724	90,760994	87,42724	388,58859
87,47723	85,69935	87,47723	0,495695	87,47723	1006,140625	87,47723	90,732254	87,47723	388,36951
87,52722	85,93254	87,52722	0,496467	87,52722	1004,769531	87,52722	90,789055	87,52722	388,80307
87,5772	85,91944	87,5772	0,495909	87,5772	1005,859375	87,5772	90,828461	87,5772	389,34409
87,62719	85,96075	87,62719	0,495887	87,62719	1004,777344	87,62719	90,825668	87,62719	389,8468
87,67718	85,98156	87,67718	0,495033	87,67718	1004,871094	87,67718	90,659126	87,67718	390,11755
87,72716	86,01341	87,72716	0,495524	87,72716	1005,878906	87,72716	90,605247	87,72716	390,19894
87,77715	86,08878	87,77715	0,496672	87,77715	1003,929688	87,77715	90,664436	87,77715	391,00583
87,82714	86,2222	87,82714	0,497088	87,82714	1003,082031	87,82714	90,627159	87,82714	391,64291
87,87713	86,2501	87,87713	0,496649	87,87713	1003,800781	87,87713	90,520523	87,87713	390,37015
87,92711	86,33331	87,92711	0,497037	87,92711	1003,601563	87,92711	90,548355	87,92711	389,41537
87,9771	86,42213	87,9771	0,495489	87,9771	1004,289063	87,9771	90,606712	87,9771	390,69812
88,02709	86,41468	88,02709	0,496074	88,02709	1004,074219	88,02709	90,610199	88,02709	391,34964
88,07707	86,72198	88,07707	0,495463	88,07707	1003,472656	88,07707	90,527069	88,07707	392,38898
88,12706	86,8504	88,12706	0,49554	88,12706	1003	88,12706	90,479187	88,12706	393,74365
88,17705	86,86528	88,17705	0,495076	88,17705	1001,972656	88,17705	90,511299	88,17705	392,59094
88,22703	86,95961	88,22703	0,496462	88,22703	1003,078125	88,22703	90,448013	88,22703	391,96765
88,27702	87,10961	88,27702	0,49665	88,27702	1003,90625	88,27702	90,441307	88,27702	392,59918
88,32701	87,24645	88,32701	0,496193	88,32701	1002,855469	88,32701	90,353371	88,32701	394,12271
88,377	87,43946	88,377	0,496879	88,377	1002,996094	88,377	90,338173	88,377	396,07285
88,42698	87,44932	88,42698	0,496589	88,42698	1001,28125	88,42698	90,334602	88,42698	396,22153
88,47697	87,61182	88,47697	0,495841	88,47697	1000,742188	88,47697	90,25988	88,47697	396,55402
88,52696	87,64492	88,52696	0,496836	88,52696	1002,117188	88,52696	90,323593	88,52696	396,28922
88,57694	87,67628	88,57694	0,497193	88,57694	1001,972656	88,57694	90,351517	88,57694	396,00821
88,62693	88,02504	88,62693	0,496404	88,62693	1002,058594	88,62693	90,335213	88,62693	397,34842
88,67692	88,12852	88,67692	0,498121	88,67692	1001,691406	88,67692	90,223854	88,67692	399,74356
88,7269	88,22878	88,7269	0,497934	88,7269	999,9804688	88,7269	90,291855	88,7269	399,98001
88,77689	88,4571	88,77689	0,497274	88,77689	1000,566406	88,77689	90,376717	88,77689	399,84372
88,82688	88,60564	88,82688	0,497708	88,82688	1001,335938	88,82688	90,294052	88,82688	399,58063
88,87687	88,58807	88,87687	0,497752	88,87687	1001,292969	88,87687	90,205612	88,87687	399,39755
88,92685	88,81286	88,92685	0,498366	88,92685	1002,113281	88,92685	90,165787	88,92685	401,05432
88,97684	89,01483	88,97684	0,497904	88,97684	1001,332031	88,97684	90,11338	88,97684	402,77594
89,02683	89,18233	89,02683	0,498495	89,02683	999,4648438	89,02683	90,205536	89,02683	403,84833
89,07681	89,2046	89,07681	0,498463	89,07681	999,4257813	89,07681	90,17453	89,07681	403,70364
89,1268	89,28273	89,1268	0,499397	89,1268	1000,144531	89,1268	90,09549	89,1268	403,75946
89,17679	89,26561	89,17679	0,498199	89,17679	1000	89,17679	90,080688	89,17679	403,08527
89,22677	89,42235	89,22677	0,498241	89,22677	1000,46875	89,22677	90,052803	89,22677	403,58734
89,27676	89,63138	89,27676	0,49877	89,27676	1000,632813	89,27676	89,917549	89,27676	405,37161
89,32675	89,35423	89,32675	0,499268	89,32675	1000,917969	89,32675	89,981308	89,32675	402,84525

89,37674	89,75321	89,37674	0,499804	89,37674	1001,355469	89,37674	89,829681	89,37674	404,66257
89,42672	90,02461	89,42672	0,499289	89,42672	1002,367188	89,42672	89,770309	89,42672	405,41861
89,47671	90,11075	89,47671	0,49839	89,47671	1001,773438	89,47671	89,934074	89,47671	405,78204
89,5267	90,29434	89,5267	0,499322	89,5267	1002,082031	89,5267	90,04866	89,5267	406,83536
89,57668	90,32674	89,57668	0,50012	89,57668	1001,402344	89,57668	90,049515	89,57668	408,73416
89,62667	90,32159	89,62667	0,50039	89,62667	999,1757813	89,62667	90,033707	89,62667	408,79007
89,67666	90,3709	89,67666	0,500522	89,67666	999,3164063	89,67666	89,892479	89,67666	408,33066
89,72664	90,38403	89,72664	0,500062	89,72664	1000,390625	89,72664	89,786217	89,72664	406,90918
89,77663	90,55331	89,77663	0,500635	89,77663	999,7460938	89,77663	89,865547	89,77663	407,83176
89,82662	90,55519	89,82662	0,501534	89,82662	1000,296875	89,82662	89,764038	89,82662	408,61639
89,8766	90,67323	89,8766	0,500159	89,8766	999,3554688	89,8766	89,788277	89,8766	409,62494
89,92659	90,72866	89,92659	0,500902	89,92659	997,9648438	89,92659	89,852539	89,92659	410,0423
89,97658	90,6741	89,97658	0,501764	89,97658	998,34375	89,97658	89,752304	89,97658	409,08459
90,02657	90,79571	90,02657	0,500856	90,02657	998,6210938	90,02657	89,675499	90,02657	408,11667
90,07655	90,92065	90,07655	0,501327	90,07655	998,6210938	90,07655	89,742142	90,07655	408,6629
90,12654	91,39996	90,12654	0,501005	90,12654	997,609375	90,12654	89,75724	90,12654	411,53729
90,17653	90,83476	90,17653	0,500458	90,17653	996,2382813	90,17653	89,69722	90,17653	410,27084
90,22651	90,82847	90,22651	0,501223	90,22651	995,6328125	90,22651	89,686928	90,22651	409,91391
90,2765	90,89871	90,2765	0,501162	90,2765	995,1054688	90,2765	89,640007	90,2765	409,63794
90,32649	90,9436	90,32649	0,502325	90,32649	995,1835938	90,32649	89,645782	90,32649	408,98749
90,37647	90,92618	90,37647	0,501124	90,37647	995,3828125	90,37647	89,521835	90,37647	408,5835
90,42646	89,9483	90,42646	0,502372	90,42646	996,9609375	90,42646	89,412636	90,42646	402,75391
90,47645	90,83678	90,47645	0,503693	90,47645	998,1992188	90,47645	88,947922	90,47645	407,7717
90,52644	93,24921	90,52644	0,503083	90,52644	993,9921875	90,52644	88,974968	90,52644	416,97253
90,57642	92,94633	90,57642	0,503523	90,57642	990,34375	90,57642	89,007744	90,57642	416,37405
90,62641	92,13498	90,62641	0,505522	90,62641	988,3828125	90,62641	88,892738	90,62641	412,90961
90,6764	91,35657	90,6764	0,504726	90,6764	986,8476563	90,6764	88,635963	90,6764	409,8949
90,72638	91,3859	90,72638	0,505645	90,72638	985,5390625	90,72638	88,566071	90,72638	411,65591
90,77637	91,15778	90,77637	0,505804	90,77637	983,3085938	90,77637	88,565201	90,77637	411,61398
90,82636	90,96463	90,82636	0,506981	90,82636	980,6640625	90,82636	88,396553	90,82636	409,59348
90,87634	90,814	90,87634	0,507918	90,87634	981,6835938	90,87634	88,331772	90,87634	408,06595
90,92633	89,55271	90,92633	0,508691	90,92633	983,1132813	90,92633	88,151886	90,92633	402,14114
90,97632	89,87766	90,97632	0,507957	90,97632	985,2382813	90,97632	88,129272	90,97632	404,51614
91,02631	90,12045	91,02631	0,508627	91,02631	986,40625	91,02631	88,240761	91,02631	406,84518
91,07629	90,28725	91,07629	0,509162	91,07629	985,125	91,07629	88,434273	91,07629	406,82654
91,12628	90,46471	91,12628	0,509718	91,12628	986,5585938	91,12628	88,420006	91,12628	406,28439
91,17627	90,46738	91,17627	0,51175	91,17627	987,2695313	91,17627	88,454559	91,17627	405,71814
91,22625	90,59032	91,22625	0,51222	91,22625	987,5820313	91,22625	88,520905	91,22625	406,31134
91,27624	90,6723	91,27624	0,512268	91,27624	988,5039063	91,27624	88,471046	91,27624	407,65213
91,32623	90,72279	91,32623	0,512413	91,32623	987,4414063	91,32623	88,63253	91,32623	408,72885
91,37621	90,84227	91,37621	0,513459	91,37621	986,328125	91,37621	88,680061	91,37621	408,95663
91,4262	90,84253	91,4262	0,514358	91,4262	987,3242188	91,4262	88,598923	91,4262	408,28955
91,47619	90,75207	91,47619	0,514419	91,47619	987,1289063	91,47619	88,676163	91,47619	406,42953
91,52618	90,84821	91,52618	0,515501	91,52618	988,1015625	91,52618	88,550987	91,52618	407,55624
91,57616	90,81613	91,57616	0,514558	91,57616	986,7460938	91,57616	88,499969	91,57616	409,27454
91,62615	90,78219	91,62615	0,515095	91,62615	985,4570313	91,62615	88,44104	91,62615	409,71387
91,67614	90,72714	91,67614	0,516423	91,67614	984,3359375	91,67614	88,491432	91,67614	409,14362
91,72612	90,71692	91,72612	0,515837	91,72612	984,6289063	91,72612	88,327522	91,72612	408,11783
91,77611	90,64487	91,77611	0,516395	91,77611	984,53125	91,77611	88,369644	91,77611	407,7739
91,8261	90,59607	91,8261	0,517001	91,8261	984,703125	91,8261	88,315018	91,8261	407,2037
91,87608	90,72512	91,87608	0,516409	91,87608	984,3125	91,87608	88,196617	91,87608	408,59409
91,92607	90,74128	91,92607	0,516822	91,92607	982,8867188	91,92607	88,243706	91,92607	409,927
91,97606	90,63141	91,97606	0,516123	91,97606	982,6132813	91,97606	88,286057	91,97606	408,49374
92,02605	90,69505	92,02605	0,517195	92,02605	983,171875	92,02605	88,18219	92,02605	407,69775
92,07603	90,63885	92,07603	0,517884	92,07603	983,09375	92,07603	88,228905	92,07603	407,20966
92,12602	90,82745	92,12602	0,516696	92,12602	982,2304688	92,12602	88,089851	92,12602	409,23984
92,17601	91,25013	92,17601	0,516857	92,17601	980,4804688	92,17601	88,079773	92,17601	411,64359
92,22599	91,09792	92,22599	0,517741	92,22599	977,4765625	92,22599	87,968529	92,22599	411,02612
92,27598	90,97632	92,27598	0,517446	92,27598	977,6953125	92,27598	87,786552	92,27598	409,70193
92,32597	90,65649	92,32597	0,516575	92,32597	977,1171875	92,32597	87,727303	92,32597	407,44626
92,37595	90,67267	92,37595	0,517176	92,37595	975,7695313	92,37595	87,74041	92,37595	408,40955
92,42594	90,63887	92,42594	0,518778	92,42594	975,3085938	92,42594	87,68634	92,42594	408,90723
92,47593	90,52386	92,47593	0,518752	92,47593	972,4140625	92,47593	87,829895	92,47593	408,93637
92,52592	90,47927	92,52592	0,519599	92,52592	972,6601563	92,52592	87,657684	92,52592	409,00742

92,5759	90,2745	92,5759	0,519729	92,5759	972,4335938	92,5759	87,550873	92,5759	406,42651
92,62589	90,32599	92,62589	0,521836	92,62589	972,4140625	92,62589	87,513206	92,62589	406,68851
92,67588	90,38145	92,67588	0,522445	92,67588	972,2539063	92,67588	87,748947	92,67588	407,95007
92,72586	90,4258	92,72586	0,522835	92,72586	970,046875	92,72586	87,896576	92,72586	408,57346
92,77585	90,06382	92,77585	0,522612	92,77585	971,4453125	92,77585	87,80468	92,77585	405,03839
92,82584	90,26803	92,82584	0,523511	92,82584	972,0820313	92,82584	87,409355	92,82584	405,32446
92,87582	90,43376	92,87582	0,524526	92,87582	971,7421875	92,87582	87,19445	92,87582	406,49365
92,92581	90,48901	92,92581	0,525495	92,92581	971,375	92,92581	87,423607	92,92581	407,85657
92,9758	90,42121	92,9758	0,526929	92,9758	969,0078125	92,9758	87,447769	92,9758	408,31134
93,02579	90,34544	93,02579	0,528701	93,02579	968,5976563	93,02579	87,297935	93,02579	407,54636
93,07577	90,50703	93,07577	0,529837	93,07577	968,7617188	93,07577	87,421722	93,07577	407,2103
93,12576	90,57794	93,12576	0,530841	93,12576	967,8984375	93,12576	87,517227	93,12576	407,36682
93,17575	90,52001	93,17575	0,530919	93,17575	967,15625	93,17575	87,52404	93,17575	408,51205
93,22573	89,9202	93,22573	0,533391	93,22573	965,3359375	93,22573	87,49601	93,22573	407,08487
93,27572	89,30046	93,27572	0,535127	93,27572	965,7382813	93,27572	87,412323	93,27572	404,69595
93,32571	89,23531	93,32571	0,535093	93,32571	966,7851563	93,32571	86,86396	93,32571	403,88229
93,37569	89,34431	93,37569	0,537422	93,37569	966,9765625	93,37569	86,82457	93,37569	403,27463
93,42568	89,41557	93,42568	0,538876	93,42568	968,6367188	93,42568	86,902954	93,42568	404,50314
93,47567	89,54548	93,47567	0,540425	93,47567	968,078125	93,47567	86,849487	93,47567	404,94724
93,52566	89,67786	93,52566	0,540455	93,52566	968,3242188	93,52566	86,942093	93,52566	405,17719
93,57564	89,74869	93,57564	0,541871	93,57564	970,53125	93,57564	87,021721	93,57564	404,32556
93,62563	89,85039	93,62563	0,542724	93,62563	970,515625	93,62563	86,974785	93,62563	403,76434
93,67562	89,90662	93,67562	0,544213	93,67562	971,7578125	93,67562	87,11644	93,67562	405,35297
93,7256	89,8672	93,7256	0,544426	93,7256	970,9375	93,7256	87,2089	93,7256	406,20126
93,77559	89,97621	93,77559	0,544957	93,77559	969,71875	93,77559	87,176552	93,77559	406,40695
93,82558	89,92433	93,82558	0,547348	93,82558	971,1796875	93,82558	87,161568	93,82558	405,87973
93,87556	89,8087	93,87556	0,549481	93,87556	971,0585938	93,87556	87,165154	93,87556	403,95673
93,92555	89,90665	93,92555	0,548918	93,92555	972,1914063	93,92555	87,122734	93,92555	404,89975
93,97554	89,84676	93,97554	0,548952	93,97554	971,9375	93,97554	87,082901	93,97554	405,15729
94,02553	90,47131	94,02553	0,550496	94,02553	970,1875	94,02553	87,017159	94,02553	409,04117
94,07551	90,52428	94,07551	0,550889	94,07551	969,4296875	94,07551	87,066063	94,07551	409,67706
94,1255	90,25797	94,1255	0,551107	94,1255	968,828125	94,1255	87,022346	94,1255	406,48926
94,17549	90,12598	94,17549	0,553079	94,17549	968,6914063	94,17549	86,927971	94,17549	406,39679
94,22547	89,31753	94,22547	0,553156	94,22547	968,3007813	94,22547	86,867554	94,22547	404,73721
94,27546	89,46729	94,27546	0,55365	94,27546	968,2382813	94,27546	86,90509	94,27546	405,96915
94,32545	89,53799	94,32545	0,555124	94,32545	969,0390625	94,32545	87,193306	94,32545	405,25858
94,37543	89,63056	94,37543	0,555518	94,37543	969,625	94,37543	87,136314	94,37543	404,53824
94,42542	89,58479	94,42542	0,556392	94,42542	970,9570313	94,42542	86,981255	94,42542	403,90002
94,47541	89,52011	94,47541	0,557048	94,47541	970,2578125	94,47541	86,982025	94,47541	405,59283
94,52539	89,67635	94,52539	0,55865	94,52539	969,8203125	94,52539	87,11969	94,52539	407,27811
94,57538	89,58655	94,57538	0,558713	94,57538	970,2148438	94,57538	87,221031	94,57538	405,31833
94,62537	89,37797	94,62537	0,559623	94,62537	972,4804688	94,62537	87,188828	94,62537	401,43085
94,67536	89,4905	94,67536	0,560889	94,67536	975,5273438	94,67536	87,102676	94,67536	400,73651
94,72534	89,81236	94,72534	0,56123	94,72534	976,8867188	94,72534	87,107605	94,72534	403,42633
94,77533	90,16658	94,77533	0,561941	94,77533	977,171875	94,77533	87,232391	94,77533	406,07278
94,82532	90,16698	94,82532	0,56237	94,82532	977,1757813	94,82532	87,493538	94,82532	407,16302
94,8753	90,05293	94,8753	0,56223	94,8753	978,265625	94,8753	87,606255	94,8753	405,54941
94,92529	90,08507	94,92529	0,564186	94,92529	979,8789063	94,92529	87,671577	94,92529	404,10278
94,97528	90,03416	94,97528	0,56312	94,97528	980,9335938	94,97528	87,895065	94,97528	404,7894
95,02526	90,04732	95,02526	0,563728	95,02526	980,8945313	95,02526	87,940567	95,02526	405,67163
95,07525	90,03763	95,07525	0,563768	95,07525	981,734375	95,07525	88,009392	95,07525	405,97845
95,12524	90,08485	95,12524	0,564136	95,12524	982,6367188	95,12524	88,212555	95,12524	405,49234
95,17523	90,95138	95,17523	0,563357	95,17523	983,6757813	95,17523	88,096741	95,17523	407,59207
95,22521	90,89967	95,22521	0,563856	95,22521	983,3476563	95,22521	88,020203	95,22521	407,66083
95,2752	89,91296	95,2752	0,563069	95,2752	984,140625	95,2752	87,939346	95,2752	404,50684
95,32519	89,68668	95,32519	0,563288	95,32519	985,9375	95,32519	88,02449	95,32519	404,52478
95,37517	89,71828	95,37517	0,564197	95,37517	986,1289063	95,37517	88,238335	95,37517	404,57123
95,42516	89,70107	95,42516	0,563909	95,42516	989,5664063	95,42516	88,465645	95,42516	403,53296
95,47515	89,66968	95,47515	0,563951	95,47515	991,6835938	95,47515	88,716415	95,47515	402,94122
95,52513	89,68819	95,52513	0,56385	95,52513	994,671875	95,52513	88,921501	95,52513	402,22662
95,57512	89,80212	95,57512	0,563972	95,57512	997,1210938	95,57512	88,9767	95,57512	403,79282
95,62511	89,84052	95,62511	0,563372	95,62511	998,1328125	95,62511	89,228874	95,62511	404,95288
95,6751	89,85681	95,6751	0,56439	95,6751	999,2695313	95,6751	89,480049	95,6751	404,72321
95,72508	89,75661	95,72508	0,563821	95,72508	1003,074219	95,72508	89,777313	95,72508	403,28415

95,77507	89,83884	95,77507	0,563604	95,77507	1004,769531	95,77507	89,87056	95,77507	402,6524
95,82506	89,90147	95,82506	0,563312	95,82506	1007,265625	95,82506	90,123894	95,82506	402,83832
95,87504	89,95126	95,87504	0,562265	95,87504	1008,460938	95,87504	90,288994	95,87504	404,39069
95,92503	89,75951	95,92503	0,562953	95,92503	1008,765625	95,92503	90,528221	95,92503	404,37564
95,97502	89,73385	95,97502	0,563223	95,97502	1008,085938	95,97502	90,537323	95,97502	404,37628
96,025	89,56218	96,025	0,562823	96,025	1009,929688	96,025	90,525551	96,025	401,6795
96,07499	89,51344	96,07499	0,56304	96,07499	1010,605469	96,07499	90,564224	96,07499	399,95221
96,12498	89,45552	96,12498	0,562789	96,12498	1012,527344	96,12498	90,713089	96,12498	398,16724
96,17497	89,52831	96,17497	0,561992	96,17497	1013,042969	96,17497	90,758377	96,17497	398,76791
96,22495	89,4444	96,22495	0,561971	96,22495	1011,929688	96,22495	90,826599	96,22495	399,89182
96,27494	89,2869	96,27494	0,563091	96,27494	1010,257813	96,27494	90,840714	96,27494	399,41119
96,32493	89,14212	96,32493	0,561451	96,32493	1009,839844	96,32493	90,85627	96,32493	399,06464
96,37491	88,90148	96,37491	0,562467	96,37491	1010	96,37491	90,873726	96,37491	397,47025
96,4249	88,73203	96,4249	0,562611	96,4249	1009,800781	96,4249	90,92115	96,4249	396,35788
96,47489	88,83234	96,47489	0,562158	96,47489	1010,003906	96,47489	90,936615	96,47489	396,87817
96,52487	88,94132	96,52487	0,562206	96,52487	1008,984375	96,52487	90,837875	96,52487	398,16885
96,57486	89,15608	96,57486	0,562236	96,57486	1006,589844	96,57486	90,796036	96,57486	399,62515
96,62485	90,56151	96,62485	0,562082	96,62485	1002,828125	96,62485	90,614761	96,62485	405,94952
96,67484	89,12996	96,67484	0,562619	96,67484	1003,539063	96,67484	90,388802	96,67484	398,92053
96,72482	88,70795	96,72482	0,562957	96,72482	1005,339844	96,72482	90,287666	96,72482	395,10193
96,77481	89,03947	96,77481	0,564017	96,77481	1006,546875	96,77481	90,219391	96,77481	397,39761
96,8248	89,11983	96,8248	0,563479	96,8248	1005,507813	96,8248	90,516457	96,8248	398,49185
96,87478	89,1666	96,87478	0,562497	96,87478	1005,085938	96,87478	90,510498	96,87478	399,42694
96,92477	89,00707	96,92477	0,562682	96,92477	1004,953125	96,92477	90,532051	96,92477	399,06564
96,97476	89,00208	96,97476	0,563151	96,97476	1004,75	96,97476	90,620201	96,97476	397,789
97,02474	91,22145	97,02474	0,563431	97,02474	1002,035156	97,02474	90,717148	97,02474	406,12744
97,07473	90,90324	97,07473	0,562898	97,07473	999,8945313	97,07473	90,408638	97,07473	406,49207
97,12472	89,52959	97,12472	0,563093	97,12472	999,8671875	97,12472	90,246887	97,12472	402,06226
97,17471	89,6575	97,17471	0,56307	97,17471	1001,179688	97,17471	90,200089	97,17471	403,6178
97,22469	89,81053	97,22469	0,562726	97,22469	999,9921875	97,22469	90,395439	97,22469	403,27124
97,27468	89,80754	97,27468	0,562451	97,27468	1001,929688	97,27468	90,543358	97,27468	402,14102
97,32467	89,77359	97,32467	0,56164	97,32467	1004,300781	97,32467	90,529297	97,32467	401,37347
97,37465	89,95411	97,37465	0,562877	97,37465	1004,410156	97,37465	90,723557	97,37465	402,43317
97,42464	89,729	97,42464	0,562913	97,42464	1005,722656	97,42464	90,89859	97,42464	401,88446
97,47463	89,94761	97,47463	0,561756	97,47463	1005,820313	97,47463	91,133034	97,47463	403,91245
97,52461	89,97643	97,52461	0,562091	97,52461	1004,265625	97,52461	91,307854	97,52461	403,54135
97,5746	90,86689	97,5746	0,56193	97,5746	1004,726563	97,5746	91,118935	97,5746	406,1452
97,62459	90,17542	97,62459	0,561768	97,62459	1003,804688	97,62459	90,91391	97,62459	402,93228
97,67458	89,36828	97,67458	0,562658	97,67458	1005,410156	97,67458	90,867004	97,67458	399,50671
97,72456	89,39569	97,72456	0,562078	97,72456	1007,425781	97,72456	91,158531	97,72456	400,36719
97,77455	89,42049	97,77455	0,561441	97,77455	1006,804688	97,77455	91,309891	97,77455	401,19492
97,82454	89,49367	97,82454	0,561955	97,82454	1006,167969	97,82454	91,535309	97,82454	401,56107
97,87452	89,26669	97,87452	0,561483	97,87452	1007,832031	97,87452	91,722145	97,87452	400,37909
97,92451	89,16915	97,92451	0,562198	97,92451	1007,71875	97,92451	91,590706	97,92451	398,69345
97,9745	88,98057	97,9745	0,560429	97,9745	1009,082031	97,9745	91,662514	97,9745	397,52859
98,02448	88,97971	98,02448	0,560838	98,02448	1008,875	98,02448	91,742523	98,02448	399,4664
98,07447	88,88577	98,07447	0,560252	98,07447	1007,773438	98,07447	91,727493	98,07447	399,76514
98,12446	88,75765	98,12446	0,559871	98,12446	1007,644531	98,12446	91,587669	98,12446	399,68893
98,17445	88,67779	98,17445	0,560697	98,17445	1007,707031	98,17445	91,261894	98,17445	398,63235
98,22443	88,4952	98,22443	0,560566	98,22443	1008,058594	98,22443	91,233864	98,22443	397,41754
98,27442	88,35311	98,27442	0,559952	98,27442	1008,964844	98,27442	91,484138	98,27442	396,42444
98,32441	88,21006	98,32441	0,560329	98,32441	1008,585938	98,32441	91,610512	98,32441	396,85349
98,37439	87,99836	98,37439	0,559784	98,37439	1007,75	98,37439	91,585526	98,37439	397,85587
98,42438	87,91302	98,42438	0,559708	98,42438	1007,433594	98,42438	91,677315	98,42438	397,18954
98,47437	87,78929	98,47437	0,558708	98,47437	1007,175781	98,47437	91,692932	98,47437	395,71173
98,52435	87,71941	98,52435	0,559098	98,52435	1008,625	98,52435	91,604065	98,52435	393,86725
98,57434	87,5793	98,57434	0,559398	98,57434	1008,925781	98,57434	91,474731	98,57434	392,99857
98,62433	87,47533	98,62433	0,55791	98,62433	1010,222656	98,62433	91,349754	98,62433	392,27777
98,67431	87,43983	98,67431	0,558927	98,67431	1010,101563	98,67431	91,358414	98,67431	393,62671
98,7243	86,60005	98,7243	0,559201	98,7243	1010,6875	98,7243	91,594437	98,7243	391,30331
98,77429	86,53679	98,77429	0,559984	98,77429	1010,648438	98,77429	91,959122	98,77429	389,83679
98,82428	86,49543	98,82428	0,559557	98,82428	1011,664063	98,82428	92,016357	98,82428	388,32892
98,87426	86,05109	98,87426	0,558881	98,87426	1012,953125	98,87426	91,977623	98,87426	385,09888
98,92425	86,00729	98,92425	0,558686	98,92425	1014,242188	98,92425	91,93544	98,92425	384,24234

98,97424	86,20959	98,97424	0,558238	98,97424	1013,511719	98,97424	91,88588	98,97424	386,3949
99,02422	86,13789	99,02422	0,558464	99,02422	1012,820313	99,02422	91,937576	99,02422	387,51114
99,07421	85,95227	99,07421	0,557313	99,07421	1010,503906	99,07421	92,078796	99,07421	387,04324
99,1242	85,78055	99,1242	0,556698	99,1242	1010,402344	99,1242	92,098541	99,1242	385,9252
99,17418	85,57194	99,17418	0,557529	99,17418	1010,769531	99,17418	91,941162	99,17418	384,78281
99,22417	85,43024	99,22417	0,558082	99,22417	1010,105469	99,22417	91,752281	99,22417	383,72177
99,27416	85,34182	99,27416	0,556948	99,27416	1010,789063	99,27416	91,825737	99,27416	383,71927
99,32415	85,36414	99,32415	0,555492	99,32415	1010,804688	99,32415	91,708145	99,32415	385,11087
99,37413	85,34757	99,37413	0,554795	99,37413	1008,25	99,37413	91,701378	99,37413	385,02646
99,42412	85,21218	99,42412	0,556149	99,42412	1008,714844	99,42412	91,571609	99,42412	384,06332
99,47411	85,05127	99,47411	0,555523	99,47411	1009,273438	99,47411	91,517357	99,47411	382,82373
99,52409	84,94351	99,52409	0,554417	99,52409	1008,671875	99,52409	91,431145	99,52409	381,55255
99,57408	84,87109	99,57408	0,555339	99,57408	1009,828125	99,57408	91,614243	99,57408	381,9278
99,62407	84,75551	99,62407	0,555559	99,62407	1008,789063	99,62407	91,725624	99,62407	382,57874
99,67405	84,72482	99,67405	0,55468	99,67405	1007,890625	99,67405	91,555397	99,67405	382,94864
99,72404	84,51849	99,72404	0,555328	99,72404	1008,128906	99,72404	91,40995	99,72404	381,95416
99,77403	84,24782	99,77403	0,555024	99,77403	1008,078125	99,77403	91,518707	99,77403	380,02432
99,82402	84,00881	99,82402	0,554773	99,82402	1008,554688	99,82402	91,562332	99,82402	379,34659
99,874	83,54726	99,874	0,554034	99,874	1010,171875	99,874	91,514145	99,874	377,63797
99,92399	83,30179	99,92399	0,554154	99,92399	1009,375	99,92399	91,516556	99,92399	378,09869
99,97398	82,9899	99,97398	0,553989	99,97398	1010,21875	99,97398	91,563118	99,97398	377,77249
100,024	82,46774	100,024	0,553608	100,024	1009,941406	100,024	91,722511	100,024	374,59723
100,074	82,0075	100,074	0,5533	100,074	1011,820313	100,074	91,84404	100,074	371,12881
100,1239	81,39971	100,1239	0,554061	100,1239	1015,292969	100,1239	92,029152	100,1239	368,18607
100,1739	80,42066	100,1739	0,553628	100,1739	1017,601563	100,1739	92,393066	100,1739	363,31229
100,2239	79,6963	100,2239	0,552653	100,2239	1020,214844	100,2239	92,759041	100,2239	360,81476
100,2739	77,8125	100,2739	0,551332	100,2739	1024,5	100,2739	93,020859	100,2739	355,16861
100,3239	76,20454	100,3239	0,550061	100,3239	1027,085938	100,3239	93,478104	100,3239	347,56
100,3739	74,59866	100,3739	0,549826	100,3739	1031,390625	100,3739	93,848579	100,3739	340,91064
100,4239	73,83021	100,4239	0,547555	100,4239	1035,480469	100,4239	94,23748	100,4239	337,38635
100,4738	73,1181	100,4738	0,545729	100,4738	1036,378906	100,4738	95,149101	100,4738	333,54004
100,5238	72,30687	100,5238	0,5447	100,5238	1038,035156	100,5238	95,614326	100,5238	331,3262
100,5738	71,35303	100,5738	0,543833	100,5738	1038,292969	100,5738	95,765915	100,5738	327,99255
100,6238	70,40665	100,6238	0,541396	100,6238	1036,851563	100,6238	95,994957	100,6238	324,23438
100,6738	69,40551	100,6738	0,540683	100,6738	1037,199219	100,6738	96,028824	100,6738	321,07938
100,7238	68,25793	100,7238	0,538084	100,7238	1035,214844	100,7238	96,03698	100,7238	316,18063
100,7738	67,11424	100,7738	0,536834	100,7738	1035,03125	100,7738	96,094872	100,7738	311,38678
100,8238	65,94427	100,8238	0,53527	100,8238	1036,675781	100,8238	96,182571	100,8238	306,81134
100,8737	64,61804	100,8737	0,53356	100,8737	1036,179688	100,8737	96,192429	100,8737	300,32465
100,9237	63,56777	100,9237	0,532769	100,9237	1037,492188	100,9237	96,144836	100,9237	296,16412
100,9737	62,50729	100,9737	0,532337	100,9737	1038,667969	100,9737	96,333168	100,9737	292,3432
101,0237	61,6971	101,0237	0,530783	101,0237	1036,898438	101,0237	96,475761	101,0237	289,06302
101,0737	60,70607	101,0737	0,529778	101,0737	1036,171875	101,0737	96,617065	101,0737	285,60748
101,1237	59,52407	101,1237	0,52969	101,1237	1036,179688	101,1237	96,7435	101,1237	280,96512
101,1737	58,2827	101,1737	0,528749	101,1737	1036,132813	101,1737	96,842651	101,1737	275,16681
101,2237	56,9031	101,2237	0,527345	101,2237	1037,324219	101,2237	96,952988	101,2237	270,06622
101,2736	54,4452	101,2736	0,526871	101,2736	1039,484375	101,2736	97,040894	101,2736	261,08856
101,3236	52,02246	101,3236	0,525585	101,3236	1042,386719	101,3236	97,387169	101,3236	251,38638
101,3736	48,97017	101,3736	0,525307	101,3736	1049,089844	101,3736	97,888817	101,3736	238,79422
101,4236	48,07693	101,4236	0,524206	101,4236	1051,132813	101,4236	98,434967	101,4236	233,90096
101,4736	47,27182	101,4736	0,523843	101,4736	1051,183594	101,4736	98,737785	101,4736	229,76299
101,5236	46,42999	101,5236	0,521688	101,5236	1052,421875	101,5236	99,082954	101,5236	226,5938
101,5736	45,4449	101,5736	0,52051	101,5736	1050,164063	101,5736	99,475121	101,5736	222,04552
101,6235	44,55795	101,6235	0,518019	101,6235	1047,5	101,6235	99,549088	101,6235	218,08859
101,6735	43,75123	101,6735	0,51625	101,6735	1046,613281	101,6735	99,456024	101,6735	214,97032
101,7235	42,86475	101,7235	0,515052	101,7235	1042,554688	101,7235	99,252373	101,7235	211,16794
101,7735	42,01905	101,7735	0,513259	101,7735	1039,738281	101,7735	98,907166	101,7735	208,16595
101,8235	40,98766	101,8235	0,510706	101,8235	1037,082031	101,8235	98,764366	101,8235	203,93385
101,8735	39,96536	101,8735	0,509946	101,8735	1033,394531	101,8735	98,516968	101,8735	198,36035
101,9235	39,07518	101,9235	0,508849	101,9235	1033,335938	101,9235	98,377388	101,9235	195,67938
101,9735	38,05514	101,9735	0,50712	101,9735	1032,355469	101,9735	98,123207	101,9735	191,60638
102,0234	37,0343	102,0234	0,504384	102,0234	1031,105469	102,0234	98,120728	102,0234	186,49098

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Ненад Тодић је рођен 16. августа 1978. године у Краљеву, Република Србија, од оца Стала и мајке Данке. Основно образовање завршио је 1993. године у основној школи „Чибуковачки партизани“ у Краљеву. Даље образовање наставио у Електро-саобраћајно техничкој школи „Никола Тесла“ у Краљеву, образовни смер „Електротехничар аутоматике“, где је 1997. године матурирао. Исте године је уписао Машински факултет у Краљеву који је завршио 2003. године са просечном оценом 8,08 и одбранио дипломски рад на смеру конструкције и машине, са оценом 10.

Докторске академске студије на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, научна област Примењена механика флуида, уписао је 2016. године под руководством проф. др Слободана Савића. Положио је све предмете предвиђене планом и програмом, са просечном оценом 9,17.

Као аутор или коаутор објавио је укупно **37** радова у научно-стручним часописима као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима.

ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Изјављујем да докторска дисертација под насловом:

ИДЕНТИФИКАЦИЈА И ОПТИМИЗАЦИЈА РАДНИХ И КОНСТРУКТИВНИХ
ПАРАМЕТАРА КЛИПНО АКСИЈАЛНИХ ПУМПИ ВОДНЕ ХИДРАУЛИКЕ

представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио/ла повреду* ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,

У Крагујевцу, 21.03.2025. године,

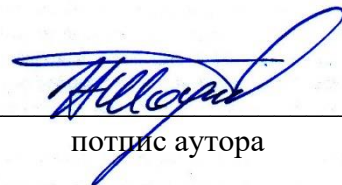


потпис аутора

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Изјављујем да су штампана и електронска верзија докторске дисертације под насловом:
ИДЕНТИФИКАЦИЈА И ОПТИМИЗАЦИЈА РАДНИХ И КОНСТРУКТИВНИХ
ПАРАМЕТАРА КЛИПНО АКСИЈАЛНИХ ПУМПИ ВОДНЕ ХИДРАУЛИКЕ
истоветне.

У Крагујевцу, 21.03.2025. године,



потпис аутора

ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Ненад Тодић,

☒ дозвољавам

☐ не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

**ИДЕНТИФИКАЦИЈА И ОПТИМИЗАЦИЈА РАДНИХ И КОНСТРУКТИВНИХ
ПАРАМЕТАРА КЛИПНО АКСИЈАЛНИХ ПУМПИ ВОДНЕ ХИДРАУЛИКЕ**

и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

☒ дозвољавам

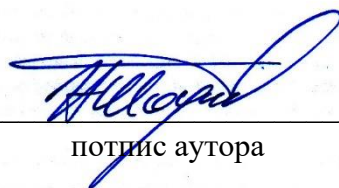
☐ не дозвољавам¹

¹ Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

- 1) Ауторство
- 2) Ауторство - делити под истим условима
- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- 5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
- 6) Ауторство - некомерцијално - без прерада²

У Крагујевцу, 21.03.2025. године,



потпис аутора

² Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org.rs/>