

FRI-1.317-1-MEMBT-12

**IMPLEMENTATION OF INNOVATIONS IN THE BUSINESS PROCESSES OF A COMPANY RELATED TO THE IMPLEMENTATION OF AN INNOVATIVE APPROACH TO MECHANICAL PROCESSING OF PRODUCTS, WHICH IS AIMED AT THE PRODUCTION OF VARIOUS TYPES OF HOUSING, OVERSIZED ELEMENTS AND WELDED METALS**

**Mag. ing. Nikolay Nikolov, PhD**

TM Technology, Ruse, Bulgaria

Phone: 0883401449

E-mail: office@tm-technology.bg

***Abstract:** In the first stage of the project “Development and implementation of a new technological approach in mechanical processing of hull, large-sized welded metal structures intended for shipbuilding and the energy sector – Ship stabilizer housing, Stator box, Frame” - the tasks and activities are developed in phase two – “Analysis of the existing mechanical processing technology” and in phase three – “Development of a new mechanical processing technology”.*

*The purpose of phase two is an analysis of the existing mechanical processing technology and revealing its imperfections. The following more typical activities were carried out in this phase: determination of the assortment of products; analysis of the route technology; analysis of the technological operations and operating modes; analysis of the technological and tooling equipment; analysis of the manufacturability and suitability of the design of the products with the development of a methodology for this purpose; analysis of the accuracy and quality of the manufactured products with the development of a methodology for this purpose; conclusions from the critical analysis of the existing technology.*

*To perform a comprehensive analysis of the existing technological process, 3D models of the products were developed using the Solidworks 2023 software product. An appropriate graphic illustration was made for the analysed activities in the form of graphics and photographs. Characteristic conclusions were formulated from the critical analysis.*

*The goal of phase three is to develop a new technological process for large-sized welded hull structures. For this purpose, the following innovations are proposed:*

- Shortening the technological cycle for machining.*
- Achieving maximum concentration of operations with the unity of the technological, constructive and measuring bases.*
- Providing the possibility of vertical machining of coaxial holes with a high degree of accuracy.*
- Automation of the technological cycle in the machining of holes and individual passes during milling.*
- Possibility of machining a larger assortment of products.*

*When developing the new technology, the following activities were carried out: development of a design task; design of route technological process options; analysis and selection of the optimal option; design and synchronization of operations; simulation of the technological process.*

*All tasks and activities set out in the report at stage one have been fully implemented. The results obtained are: a critical analysis of the existing technological process and a new technology developed for mechanical processing of large-sized welded metal structures intended for shipbuilding and the energy sector.*

**Keywords:** Project, Mechanical processing, New mechanical processing technology.

## ВЪВЕДЕНИЕ

В етап първи на проект “Разработка и внедряване на нов технологичен подход при механична обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции, предназначени за корабостроенето и енергийния сектор – Корпус за корабен стабилизатор, Статорна кутия, Рама“ са разработени задачите и дейностите от фаза две - Анализ на съществуващата технология за механична обработка и фаза три - Разработване на нова технология за механична обработка.

Целта на фаза две е анализ на съществуващата технология за механична обработка и разкриване на несъвършенствата ѝ. По тази фаза са извършени следните по-характерни дейности: определяне на асортимента от изделия; анализ на маршрутната технология; анализ на технологичните операции и режимите на работа; анализ на технологичната и инструменталната екипировка; анализ на технологичността и пригодността на конструкцията на изделията с разработване на методика за тази цел; анализ на точността и качеството на произвежданите изделия с разработване на методика за тази цел; изводи от критичния анализ на съществуващата технология.

За извършването на комплексния анализ на съществуващия технологичен процес са разработени 3D модели на изделията с помощта на софтуерен продукт Solidworks 2023. Направена е подходяща графична илюстрация за анализиранияте дейности във вид на графики и снимков материал. От направения критичен анализ са формулирани характерни изводи.

Целта на фаза три е разработване на нов технологичен процес за корпусни едрогабаритни заварени конструкции. За тази цел са предложени следните иновации:

Съкращаване на технологичния цикъл за обработване.

Постигане на максимална концентрация на операциите при единство на технологичните, конструктивни и измервателни бази.

Осигуряване на възможност за вертикално обработване на съосни отвори с голяма степен на точност.

Автоматизиране на технологичния цикъл при обработката на отвори и отделните проходи при фрезване.

Възможност за обработване на по-голям асортимент от изделия.

При разработване на новата технология са извършени следните дейности: разработване на задание за проектиране; проектиране на варианти на маршрутния технологичен процес; анализ и избор на оптимален вариант; проектиране и синхронизиране на операциите; симулиране на технологичния процес.

Всички заложи задачи и дейности по отчета на етап първи са цялостно изпълнени. Като резултати са получени: критичен анализ на съществуващия технологичен процес и разработена нова технология за механична обработка на едрогабаритни заварени метални конструкции, предназначени за корабостроенето и енергийния сектор.

Проектът, е с продължителност 12 месеца, разпределени в три етапа:

**Етап 1:** от 18. 11. 2024 г. до 10. 11. 2025 г.

Този етап включва следните фази, задачи и дейности:

**Ф2 – Анализ на съществуващата технология за механична обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции, предназначени за корабостроенето и енергийния сектор.**

Задача 1 (**Ф2 Зад.1**) Анализ на технологичния процес

Дейност 1 (**Ф2 Зад.1 Д1**) - Определяне асортимента от изделията за включване в новия технологичен процес.

Дейност 2 (**Ф2 Зад.1 Д2**) - Анализ на съществуващия технологичен процес.

Дейност 3 (**Ф2 Зад.1 Д3**) - Анализ на технологичната и инструменталната екипировка.

Задача 2 (**Ф2 Зад.2**) - Анализ на конструкцията на изделията

Дейност 1 (**Ф2 Зад.2 Д1**) - Анализ на технологичността на конструкцията на изделията.  
 Дейност 2 (**Ф2 Зад.2 Д2**) - Анализ на изискванията за точност и качество на изделията.

**Ф3 – Разработване на нова технология за механична обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции, предназначени за корабостроенето и енергийния сектор.**

Задача 1 (**Ф3 Зад.1**) – Разработване на технико-икономическо задание за проектиране на нов технологичен процес за механична обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции, предназначени за корабостроенето и енергийния сектор.

Дейност 1 (**Ф3 Зад.1 Д1**) - Определяне на целта и предназначението на разработката

Дейност 2 (**Ф3 Зад.1 Д2**) - Определяне източниците на разработката.

Дейност 3 (**Ф3 Зад.1 Д3**) - Определяне на изискванията към разработката - технически, икономически и др.

Задача 2 (**Ф3 Зад.2**) - Проектиране на нов технологичен процес за механична обработка на корпусни, едрогабаритни и заварени метални конструкции, предназначени за корабостроенето и енергийния сектор.

Дейност 1 (**Ф3 Зад.2 Д1**) - Проектиране на нов маршрутен технологичен процес.

Дейност 2 (**Ф3 Зад.2 Д2**) - Симулиране на технологичния процес.

## ЦЕЛ

Целта на предложения проект е да се разработи нова, високопроизводителна технология за окончателна механична обработка на заварени конструкции, включваща комплекс от операции: разстъргване, фрезование на челни повърхнини, пробиване и резбонарязване.

За изпълнението на поставената цел се предвижда да се решат следните основни задачи:

- Анализ на технологичния процес;
- Анализ на конструкцията на изделията;
- Разработване на технико-икономическо задание за проектиране на нов технологичен процес за вертикална обработка на отвори в заварени конструкции;
- Проектиране на нов технологичен процес за обработка на съосни отвори в заварени конструкции;
- Проектиране на нов технологичен процес за обработка на изделия тип рами и нивелационна проверка на изделието, след установяването му на машината;
- Разработване на техническо задание за закупуване на обработващ център за едрогабаритни детайли.
- Методика за контрол на качеството на обработените изделия.

При решаването на отделните задачи ще се използват натрупаният опит на творческия колектив и съвременните достижения на науката и практиката. Проектът ще се основава на задълбочена научно-приложна разработка, като ще се използва съвременен инструментариум, в т.ч. анализ, изследване, разработване, оптимизация, симулиране, контрол и др.

При разработването на проекта ще се използва интегриран екип от ТМ Технолоджи АД – Русе (Партньор № 1) и РУ – Русе (Партньор № 2).

ТМ Технолоджи АД – Русе има дългогодишен опит в производството на едрогабаритни заварени метални конструкции в средни и малки серии. Това производство е специфично и изисква специализирани технологични единици и екипировка. Освен това е необходимо повишено внимание от страна на специалистите. Изделията са големогабаритни, с голяма маса и с неправилна форма, което води до определени предизвикателства, които изискват подготовка и подход.

След разработването на проекта с прилагането на новата технология ще се усъвършенства производството и ще се подобрят условията на труд. Очаква се значително да се увеличи производителността и да се подобри качеството на извършване на механичната обработка. Очаква се също да се разширят възможностите за производство, което би довело до привличане на поръчки с по-висока добавена стойност.

Настоящият проект включва изпълнението на основните задачи и дейности, включени в етап първи.

Най-напред е направен анализ на съществуващия технологичен процес за механична обработка, като е определен асортимента от изделията за включване в новия технологичен процес. Анализирани са технологичния маршрут и технологичните операции.

Извършен е анализ на технологичната и инструменталната екипировка, както и начините на базиране и закрепване.

Направени са съответни изводи, като е обърнато внимание на слабостите в технологията и екипировката при механичната обработка на асортимента от изделията .

Извършен е анализ на технологичността на конструкцията на изделията, като е разработена подходяща методика и количествено е определена технологичността на конструкцията на колоните.

Направен е и анализ на изискванията за точност и качество на изделията, като са определени точностните параметри и характеристики за произвежданите изделия.

Въз основа на извършения критичен анализ е разработена нова технология. По-конкретно е разработено технико - икономическо задание и е проектиран нов технологичен процес, включващ маршрутна технология – варианти и избор на рационален вариант, проектиране на технологичните операции, синхронизиране и симулиране на операциите.

За разработването на първия етап на проекта са извършени необходимите дейности, свързани с координацията на проекта, разпределението на работата, приемането на решения и отчитане на извършеното по отделните фази, задачи и дейности. За тази цел се провеждаха периодични срещи на партньорите, уточняваха се видовете работи и извършителите. Събираше се необходимата информация и се отчиташе извършената работа. Освен периодичните срещи на партньорите се използваша и съвременните комуникации за взаимно информирание и предоставяне на необходимите материали.

## **ИЗЛОЖЕНИЕ**

### **Изследване чрез използване на опростен модел**

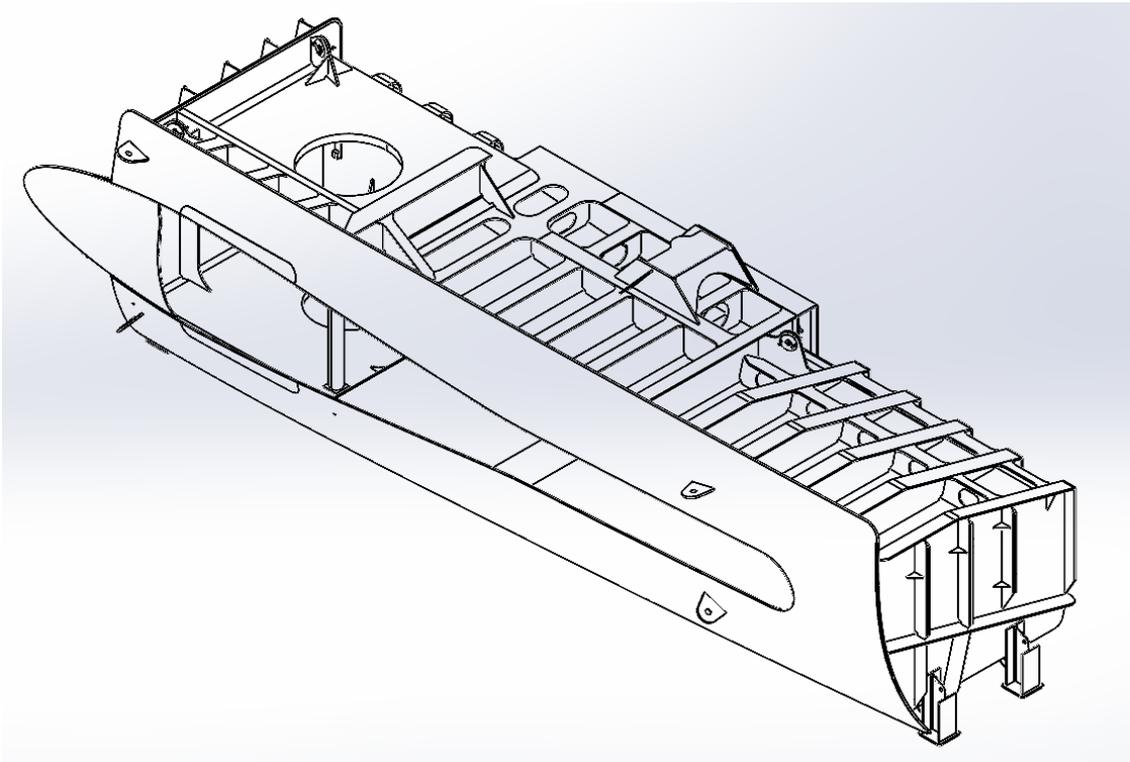
#### **Ф2 – АНАЛИЗ НА СЪЩЕСТВУВАЩАТА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА КОРПУСНИ, ЕДРОГАБАРИТНИ ЗАВАРЕНИ МЕТАЛНИ КОНСТРУКЦИИ – КОРПУС ЗА КОРАБЕН СТАБИЛИЗАТОР, СТАТОРНА КУТИЯ, РАМА**

##### **1. ЗАДАЧА 1 (Ф2 ЗАД1) АНАЛИЗ НА ТЕХНОЛОГИЧНИЯ ПРОЦЕС**

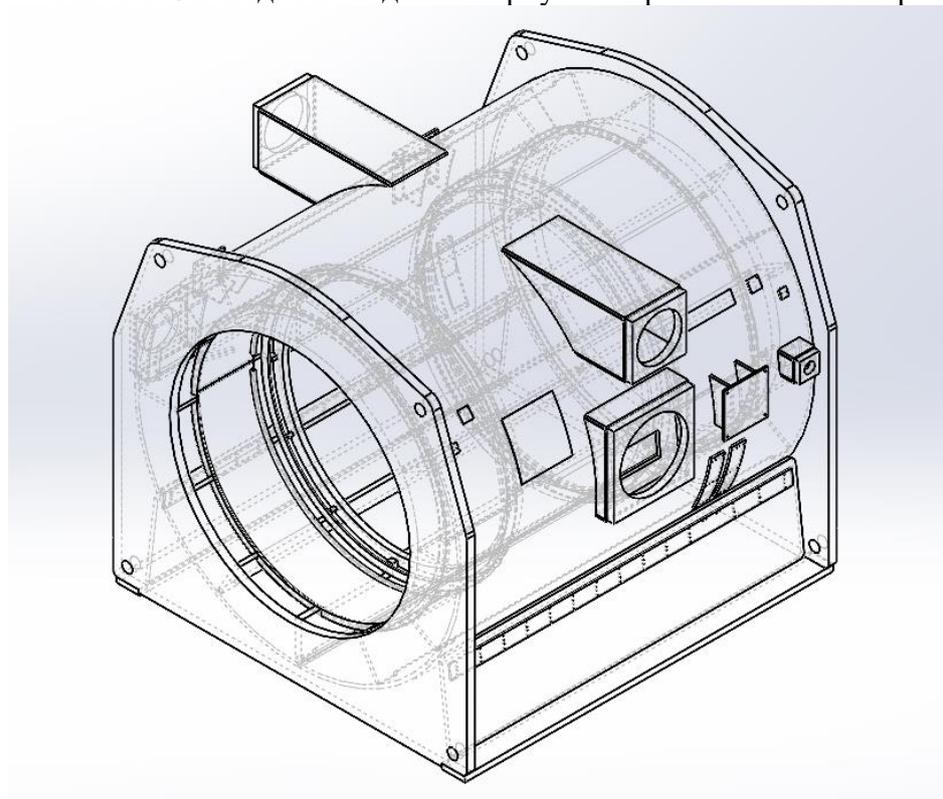
**1.1. Дейност 1 (Ф2 Зад1 Д1) Определяне асортимента от изделията за включване в новия технологичен процес.**

**1.1.1. Разграничаване на основните параметри на изделията и изграждащите ги възли и детайли.**

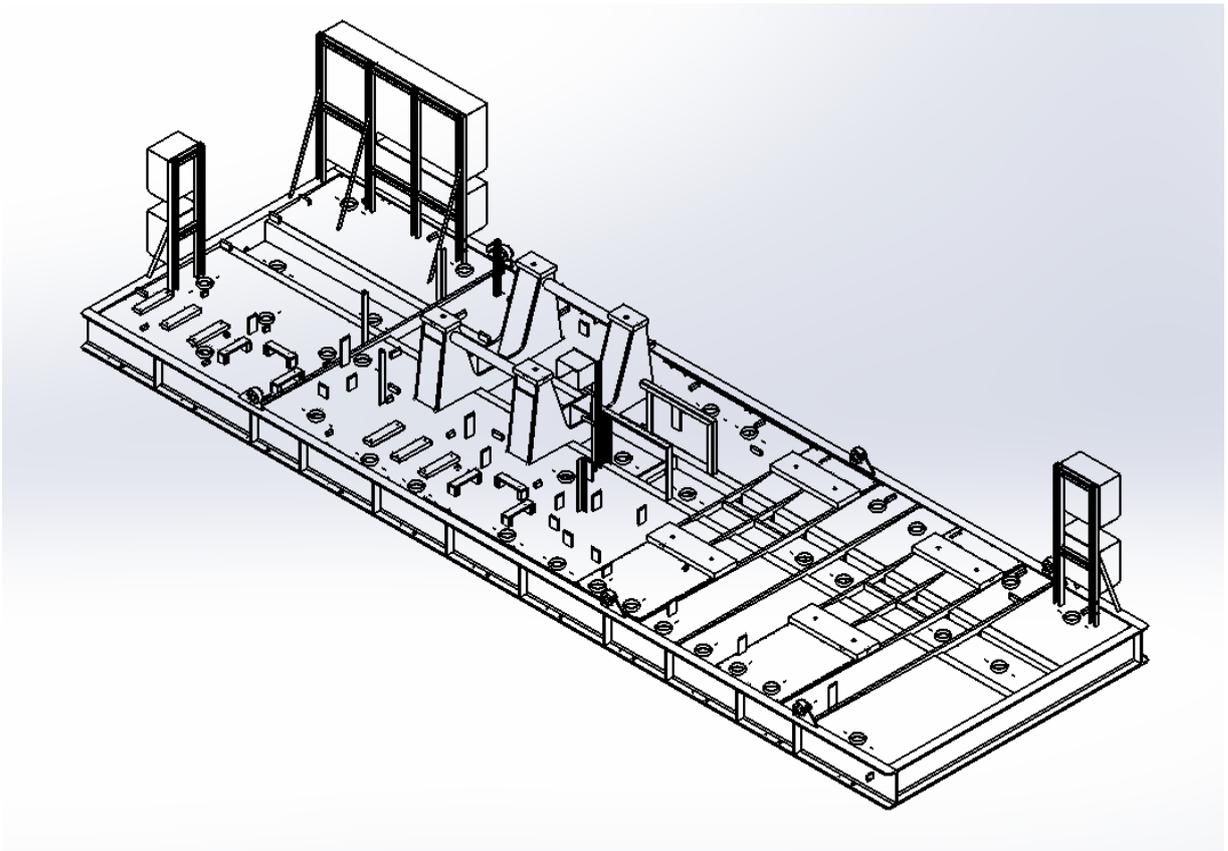
В табл.1.1, табл.1.2 и табл.1.3 са дадени основните данни за обработваните изделия, като техните 3D модели са показани във фиг.1.1, фиг.1.2 и фиг.1.3. Характерно за всички изделия е, че са голямогабаритни, с точни присъединителни повърхнини и с маса съответно от 11 500 kg. до 50 750 kg.



Фиг. 1.1. 3D модел на изделие Корпус за корабен стабилизатор



Фиг. 1.2. 3D модел на изделие Статорна кутия



Фиг. 1.3. 3D модел на изделие Рама

Детайл	Габарити на изделието, [mm]			Маса, [kg]	Размер на обработена повърхнина, [mm]	Брой обработки	Изискван за размерна точност (допуск), [mm]
	Височина, [mm]	Ширина, [mm]	Дължина, [mm]				
Корпус за корабен стабилизатор	3420	3100	13268	50745	Ø1120	1	±0,5 ±0,5
					Ø1310	1	
					Ø1380	2	
					Ø1610	2	

Детайл	Габарити на изделието, [mm]			Маса, [kg]	Размер на обработена повърхнина, [mm]	Брой обработки	Изискван за размерна точност (IT)
	Височина, [mm]	Ширина, [mm]	Дължина, [mm]				
Статорна кутия	3215	3100	3100	18230	Ø2230 Ø2097 Ø1975	2 2 1	H10 H7

Детайл	Габарити на изделието, [mm]			Маса, [kg]	Размер на обработена повърхнина, [mm] [mm]	Брой обработки	Изискване за размерна точност (допуск)
	Височина, [mm]	Ширина, [mm]	Дължина, [mm]				
Рама	2050	3400	10510	11540	803 1260 20	4 4 12	+2

За изделие Корпус за корабен стабилизатор и Статорна кутия е важно изискване, при механична обработка на отворите.

За изделие Рама важно изискване е, при механична обработка, осигуряване на допустимо отклонение отклонение от успоредност между всички обработени повърхнини също до 0,1 mm.

### 1.1.2 Определяне на параметрите за контрол и анализ на технологичния процес

При анализа на технологичния процес трябва да се разкрият източниците, създаващи предпоставки за ниска производителност и проблеми с осигуряване на точността на произвежданите изделия. За тази цел следва да се обърне по-сериозно внимание на постигането на зададените изисквания към точността на размерите (допуските), допустимите отклонения във формата и разположението на повърхнините, вълнистост и грапавост на произвежданите изделия.

При анализирането на технологичния процес ще бъдат оценявани следните характеристики и показатели на технологичния процес:

- Маршрутната технология;
- Технологичните операции;
- Технологичната екипировка;
- Схеми на базиране;
- Единство и неизменност на базите;
- Схеми за закрепване;
- Инструменталната екипировка;
- Режимите на рязане и трайността на инструментите;
- Режимите на работа на обработващата машина;
- Качеството на обработените повърхнини;
- Възможността за пренастройване на производството от един типоразмер към друг типоразмер;
- Продължителността на технологичния процес (разход на време);
- Производителността на машините;

При контрола са характерни следните етапи:

- Първи етап - контролиране на параметрите на съставните детайли, изграждащи изделието;
- Втори етап – контролиране параметрите на конструкцията след заваряване на съставните детайли;
- Трети етап – Окончателен контрол на параметрите на изделието след механичната обработка;

На отделните етапи се контролират геометричните и точностните характеристики на изделието.

### 1.2 Дейност 2 (Ф2 Зад1 Д2) Анализ на съществуващия технологичен процес

Ще бъдат анализирани технологичния маршрут и технологичните операции при механичната обработка на заварените конструкции.

Технологията за обработване на Корпус за корабен стабилизатор върху хоризонтално разстъргваща машина (тип Борверг) Skoda W250H обхваща следните операции:

- Установяване на детайла, вертикално спрямо машината, в специално приспособление, включващо регулиране с цел неговото центроване и осигуряване равномерно разпределение на прибавката за отворите.
- Разстъргване (получисто и чисто) на отворите (от Ø1110 mm до Ø1120 mm и от Ø1300 mm до Ø1310 mm).
- Челно разстъргване на челните повърхнини (2xØ1380 mm и 2xØ1610 mm).
- Изработване на центрови отвори, пробиване на отвори за последващо нарязване на резба.
- Фрезоване на равнинни повърхнини до определен размер.
- Освобождаване на детайла
- Нарязване на резби ръчно.

Данните за времената, при направеното хронометриране за отделните операции са дадени в табл.1.4.

Анализирайки данните от таблиците се вижда, че подготвително-заклучителните времена са големи. Те представляват съществен процент от машинното време.

Машинните времена са също значителни. Най-продължителните технологични преходи са разстъргванията, които на съответната машина се извършват хоризонтално.

Маршрутната технология за обработване на Статорна кутия върху хоризонтално разстъргваща машина (тип Борверг) Skoda W250H включва следните технологични преходи, позиции, установки или операции:

- Установяване на детайла върху масата на машината и неговото центроване, включващо обхождане на отворите и разпределяне на прибавката;
- Разстъргване (получисто и чисто) на отворите (от  $\varnothing 2087$  mm до  $\varnothing 2097$  mm);
- Разстъргване (получисто и чисто) на вътрешната цилиндрична повърхнина на статора (от  $\varnothing 1965$  mm до  $\varnothing 1975$  mm);
- Челно разстъргване на челните повърхнини ( $\varnothing 2230$  mm).
- Изработване на центрови отвори, пробиване на отвори за последващо нарязване на резба;
- Фрезоване на плоски повърхнини до определен размер;
- Освобождаване на детайла;
- Нарязване на резби ръчно.

Данните за времената за отделните операции са зададени в табл.1.5.

Анализът на времената отново показва голямо подготвително-заклучително и още по-голямо машинно време.

Маршрутната технология за обработване на Рама върху хоризонтално разстъргваща машина (тип Борверг) Skoda W250H включва следните технологични преходи, позиции, установки или операции:

- Установяване на детайла вертикално спрямо машината в приспособление и неговото центроване, включващо обхождане на обработваните повърхнини и разпределяне на прибавката.
- Надлъжно фрезоване (получисто и чисто) на посочените повърхнини.
- Изработване на центрови отвори, пробиване на отвори за последващо нарязване на резба.
- Освобождаване на детайла
- Нарязване на резби ръчно.
- Пребазиране на детайла върху отделно поле, нивелиране на рамата и проверка за равнинност.

Данните за времената за отделните технологични преходи, позиции, установки или операции са зададени в табл.1.6.

Анализът показва, че и при трите вида конструкции се натрупват големи подготвително-заклучителни времена поради същината на базиране на детайла срещу машината. Друг важен аспект е, че при трите конструкции се налага ръчна доработка до постигане на възложеното задание, а при третата конструкция се налага изделието да бъде повторно пребазирано и центровано този път хоризонтално с цял нивелиране и проверка за равнинност.

Таблица 1.4. Корпус за корабен стабилизатор

№.	Наименование на операцията, на установката, позицията или прехода	Работна позиция	Начин на базиране и закрепване	Машинно време, [min]	
1.	Установяване на детайла	Skoda W250H	*Установяване на детайла в приспособление вертикално спрямо машината	90	
			*Центроване на детайла и разпределяне на прибавката	120	
2.	Разстъргване Разстъргване на отвори 1 x Ф1120 - получисто				220
	- чисто 1 x Ф1310 - получисто - чисто				40
					260
					42
3.	Разстъргване на челни повърхнини 2 x Ф1380 2 x Ф1610				91
					120
4.	Пробиване на 20 x Ф10,2 (за М12) - центрови отвори - пробиване			7	
				52	
5.	Фрезование - на размер			10	
6.	Освобождаване на детайла			60	
7.	Нарязване на резби ръчно 20 x М12			143	
	<b>Общо време на цикъла</b>			<b>1255</b>	

Таблица 1.5. Статорна кутия

№.	Наименование на операцията, установката, позицията или прехода	Работна позиция	Начин на базиране и закрепване	Машинно време, [min]
1.	Установяване на детайла	Skoda W250H	*Установяване върху масата *Центроване на детайла и разпределяне на прибавката	60 120
2.	Разстъргване на отвори 2 x Ф2087 - получисто - чисто		272 90	
3.	Разстъргване на отвори 1 x Ф1965 - получисто - чисто		315 105	
4.	Разстъргване на челни повърхнини 2 x Ф2230		153	
5.	Пробиване на 20 x Ф10,2 (за М12) - центрови отвори - пробиване		7 52	
6.	Фрезоване - на размер		40	
7.	Освобождаване на детайла		60	
8.	Нарязване на резби ръчно 20 x М12		143	
	<b>Общо време на цикъла</b>		<b>1417</b>	

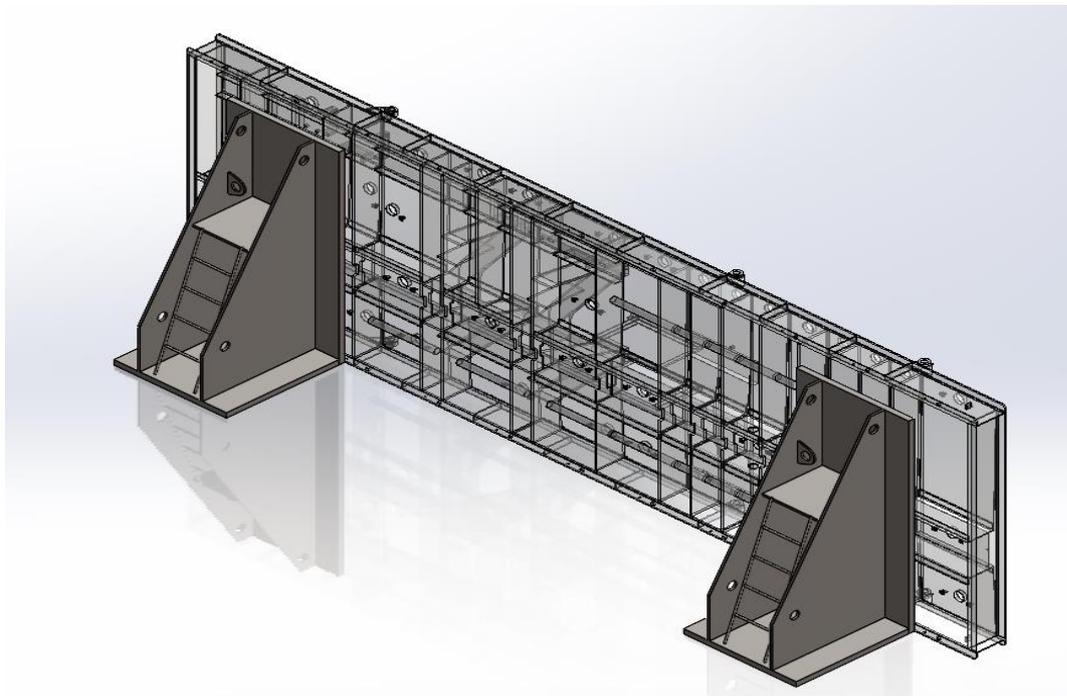
Таблица 1.6. Рама

№.	Наименование на операцията, установка, позиция или прехода	Работна позиция	Начин на базиране и закрепване	Машинно време, [min]
1.	Установяване на детайла	Skoda W250H	*Установяване на детайла в приспособление вертикално спрямо машината *Центроване на детайла и разпределяне на прибавката	120 120
2.	Фрезоване на горни повърхнини		140	
3.	Фрезоване на средните повърхнини		260	
4.	Фрезоване на долните повърхнини		136	
5.	Пробиване на 12 x Ф32 (за М36) - центрови отвори - пробиване		13 105	
6.	Освобождаване на детайла		60	
7.	Нарязване на резби ръчно 12 x М36		80	
8.	Пребазиране на детайла върху отделно поле, нивелиране на рамата и проверка за равнинност.		360	
	<b>Общо време на цикъла</b>			<b>1394</b>

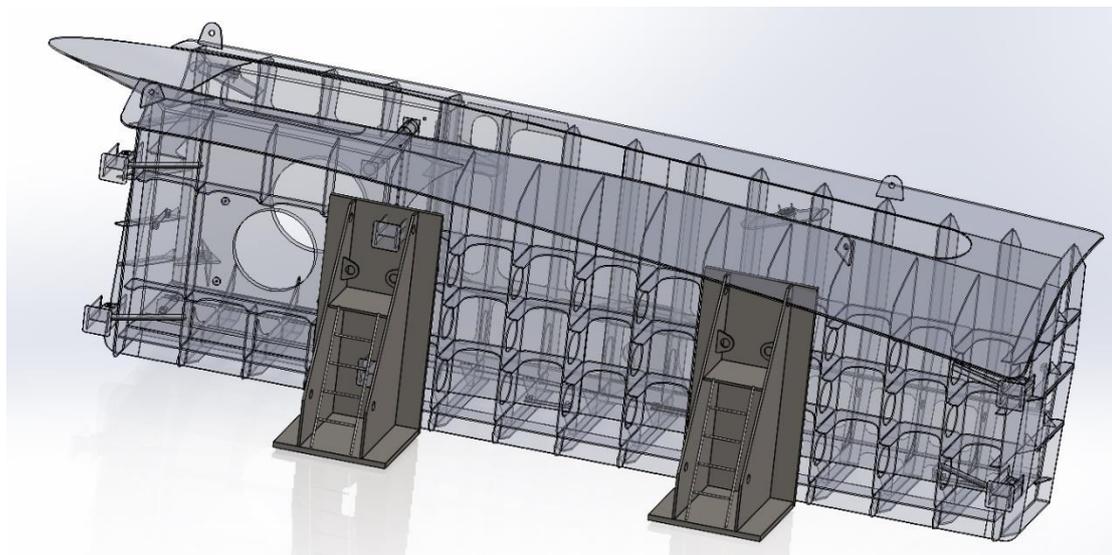
### 1.3. Дейност 3 (Ф2 Зад1 Д3) Анализ на технологичната и инструменталната екипировка

#### 1.3.1. Анализ на технологичната екипировка

При механичната обработка на отворите на изделие Рама и Корпус за корабен стабилизатор се използва специално приспособление, което осигурява вертикално разположени опорни точки спрямо машината. Схема на установяването може да се види във фиг 1.4 и фиг 1.5:



Фиг.1.4. Общ вид на технологичната екипировка У00.00 при обработка на изделие Рама



Фиг.1.5. Общ вид на технологичната екипировка У00.00 при обработка на изделие Корпус за корабен стабилизатор

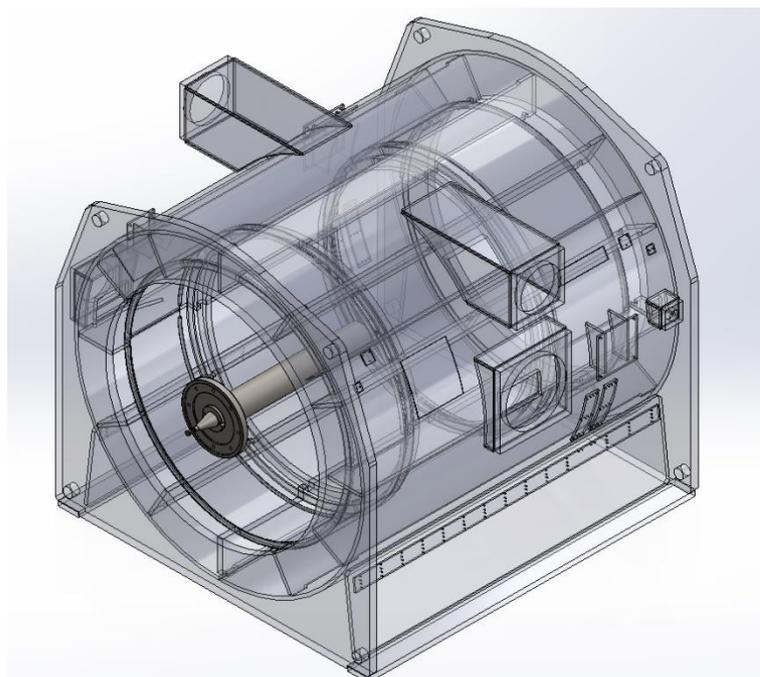
Специалното приспособление У00.00 се състои от две независими ъглови части и се установява в работната зона (маса) върху борверговото поле на машината. То се закрепва към него чрез Т-гайки, които се сглобяват през Т-каналите на полето, шпилки и гайки. По този начин се осигурява устойчивост срещу разместване от силите на рязане. Преди окончателно закрепване на

приспособлението към работната маса (полето) на машината се извършва контрол и евентуално настройване с цел центроване спрямо вретеното на машината с индикаторен часовник. Проверяват се чрез сканиране базовите повърхнини и (при необходимост) с регулиране се осигурява изискването за успоредност, обща равнина помежду им и перпендикулярност на тяхното разположение спрямо машината. Този процес се изпълнява в режим на ръчно управление от страна на оператора и е с ниска производителност. Допълнително влошаващ производителността фактор е и голямото отстояние между двете приспособления. При най-големите обработвани изделия се налага извършване на преместване на супорта на машината между двете приспособления на разстояние до 15m.



Фиг.1.6. Пример за употреба на установъчни приспособления У00.00

При механичната обработка на отворите на изделие Статорна кутия се използва удължител на вретеното, с който се осигурява достъп до труднодостъпните повърхнини за обработка по дълбочина.



Фиг.1.7. Общ вид на технологичната екипировка УД00.00 при обработка на изделие Статорна кутия

Процесът за базиране и закрепване и за трите вида изделия изразходва значителни спомагателни времена и престои на машината, съответно носят загуби на време и влошават производителността. Друг важен аспект е субективния фактор, от който зависи точността и производителността на въпросните манипулации.

Освен загубите на време и ниската производителност друг важен аспект, който трябва да бъде отчетен за досегашната технология, е високата степен на риск при осигуряване на качеството. Горепосаните операции и екипировката за тях са с най-голямо значение за осигуряване на изискванията към спазване на изискванията към геометричната и размерна точност.

### 1.3.2 Анализ на инструменталната екипировка

При механичната обработка на отворите на заварените конструкции на изделия Статорна кутия и Корпус за корабен стабилизатор са необходими големи разстъргващи размерни инструменти, които се характеризират с висока себестойност. Поради особеността на обработката – режещия ръб на инструмента извършва рязане с голям излет спрямо вретеното на машината. Това понижава неговата стабилност и е предпоставка да възникват вибрации. Те внасят смущения в процеса на рязане и водят до отклонения по отношение на точността на размерите, отклонения в разположението и формата на повърхнините, касаещи вълнистостта и грапавостта им. Решението със закупуване на допълнителна екипировка, съдържаща виброустойчиви и виброгасящи елементи с висока себестойност води до увеличаване на разходите за производство на дадените изделия.

Във фигура 1.7 може да се види общия вид на разстъргващия инструмент:



Фиг.1.7. Общ вид на комплект разстъргващ инструмент РИ00.00 за груба обработка в процес на работа

Радиалното настройване се извършва ръчно от оператора чрез микрометричен винт и е свързано както с риск от грешка, така и за допълнително увеличаване на спомагателното време.

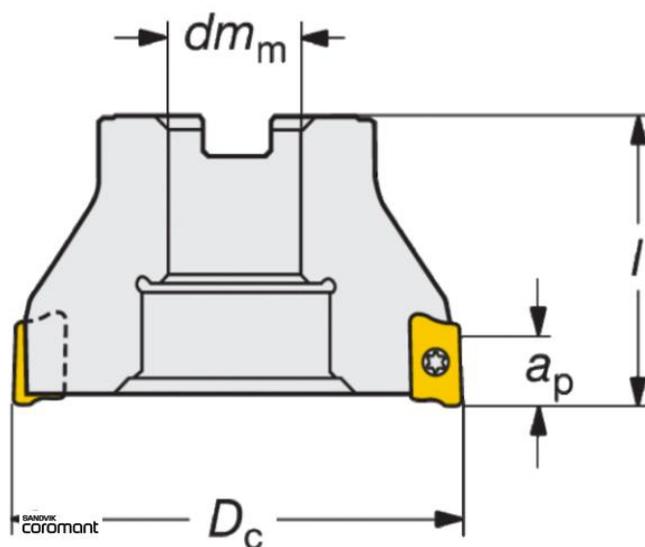
Надлъжното движение се задава чрез подавателния превод на машината. В зависимост от вида на обработката и необходимия ход са възможни отклонения от съосие при срещуположни отвори, което трябва да бъде взето предвид.



Фиг.1.8. Общ вид на комплект разстъргващ инструмент с антивибрационен дорник

Себестойността на показания във фиг. 1.8 разстъргващ инструмент с антивибрационен елемент е висока, а диапазонът на възможните за обработка размери на отвори е ограничен, което го окачествява като неприложим за при определени случаи.

За обработка на изделие тип Рама се използва фрезови инструмент със сменяеми пластини. Неговите разновидности са много и се определят от диаметъра на инструмента, производителя и геометрията му. В текущия случай и при старата и при новата технология ще се използва еднакъв вид инструмент, показан на фиг.1.9:



Фиг.1.8. Схематичен вид на фрезови инструмент Sandvik R390-125Q40-18L

### 1.3.3 Режими на работа

Режимите на работа при разстъргване на отворите на изделията Статорна кутия и Корпус за корабен стабилизатор зависят пряко от обработвания материал, избрания режещ инструмент, установката и самата машина. Само при съчетаване на добро техническо състояние на металорежещата машина, подходящо избран вид (геометрия и сорт) и режими на работа на режещата пластина, както и на схема на установяване, осигуряваща висока стабилност се създават условия да се ограничи възможността от възникване на вибрации. В практиката това не винаги е възможно и се налага корекция по време на обработка, която се извършва експертно (субективно), на база опита на оператора на машината. Корекцията се изразява в намаляване на избраните режими на рязане (скорост, подаване, дълбочина на рязане), което води до увеличаване на машинното време и нарастване на разходите.

При фрезоване режимите на рязане зависят отново от вида на обработвания материал, вида на избрания инструмент, начинът на установяване на детайла и от самата машина.

Старите универсални машини често имат тежки чугунени корпуси, които имат добра виброабсорбация. Традиционно работят с по-голяма дълбочина на връзване на инструмента в сравнение със съвременните. Старите машини, обаче, имат ограничение на бързината на ходовете и броят обороти за минута на вретеното.

Новите машини имат олекотен дизайн и нямат същата виброустойчивост. Те, обаче, имат в пъти по-бързи ходове и брой обороти за минута на вретеното.

При фрезоване с голяма дълбочина се използва по-ниско подаване, а при фрезоване с по-малка дълбочина, със същия инструмент, се задава в пъти по-високо. Доказано е, че стратегията за отнемане на слой материал с високи обороти и подаване, но малка дълбочина на връзване е по-производителна от стратегията да се използват по-ниски обороти и малко подаване, но инструментът да е с голяма дълбочина на връзване.

При обработване на кутиеобразни и кухи конструкции е необходим подбор на режими на работа, които ще внасят по-малки смущения в системата – детайл-инструмент-екипировка-машина. Стратегията да се отнема слой материал с голяма дълбочина внася по-големи трептения от стратегията да се отнема малък по дълбочина слой материал, но да се използват високи обороти и бързо подаване.

Машина Skoda W250H е машина със стар дизайн, който се е доказал във времето, но вече не е конкурентен и не отговаря на нуждите на съвременното производство. Тя е с лимит на оборотите на вретеното в диапазон  $550 - 600 \text{ min}^{-1}$  и с бавни подавателни ходове, което поставя граници.

Таблица 1.7 Режими за рязане на големи диаметри (в диапазон 1,1 – 2,1м) с големи разстъргващи инструменти.

Режими на обработка на цилиндрични повърхнини						
Обхват	Вид обработка	Щанга	Скорост на рязане, [m/min]	Обороти за минута, [min <sup>-1</sup> ]	Подавателна скорост, [mm/min]	Прибавка, [mm]
Ø1120	груба	РИ00.00	100	28	6	до 2.5
Ø1120	чиста	РИ00.00	120	34	3	до 0.5
Ø1310	груба	РИ00.00	100	24	5	до 2.5
Ø1310	чиста	РИ00.00	120	29	3	до 0,5
Ø1380	груба	РИ00.00	100	23	5	до 2,5
Ø1610	груба	РИ00.00	100	20	4	до 2,5
Ø2097	груба	РИ00.00	100	15	3	до 2.5
Ø2097	чиста	РИ00.00	120	18	2	до 0.5
Ø1975	груба	РИ00.00	100	16	3	до 2.5
Ø1975	чиста	РИ00.00	120	19	2	до 0.5

Таблица 1.8 Режими за рязане на линейни повърхнини (диаметър на използвания инструмент D=125mm)

Режими на обработка на линейни повърхнини						
Диаметър на инструмента	Вид обработка	Фрезови инструмент	Скорост на рязане, [m/min]	Обороти за минута, [min <sup>-1</sup> ]	Подавателна скорост [mm/min]	Прибавка, [mm]
Ø125	груба	R390-125Q40-18L	200	510	510	до 1.2
Ø125	чиста	R390-125Q40-18L	220	561	561	до 1.2

## 2. ЗАДАЧА 2 (Ф2 ЗАД2) АНАЛИЗ НА КОНСТРУКЦИЯТА НА ИЗДЕЛИЯТА

### 2.1 Дейност 1 (Ф2 Зад2 Д1) Анализ на технологичността на конструкцията на изделията

Известни са два вида технологичност на конструкциите: производствена и експлоатационна.

**Производствената технологичност** се изразява в съкращаване на времето и средствата за: конструиране и технологична подготовка; производството на тези изделия; организацията и управлението на производствените процеси.

**Експлоатационната технологичност** на конструкциите се състои в съкращаването на разходите на средства и време при: експлоатацията на изделията; за техническото им обслужване и ремонт.

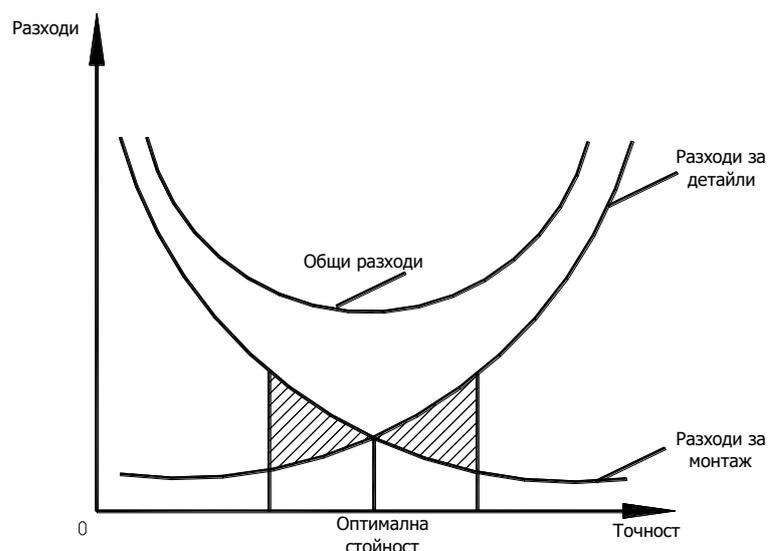
**Технологична конструкция** е тази конструкция на детайлите и изделията, която може да бъде произведена с прогресивни методи и средства при минимални разходи на труд и време като се спазват изискванията за функционалност и експлоатация.

**Под технологичност на конструкциите** се разбира производството на изделията при прилагане на прогресивни автоматизиращи технологии за производство на отделните детайли и за монтаж на възлите и изделията с използването на високопроизводителни методи и технически средства при минимални разходи на труд и време и постигане на високо качество и конкурентоспособност.

Счита се, че едно изделие е с технологична и монтажнопригодна конструкция, когато са изпълнени следните условия:

- Да съдържа възможно малък брой детайли;
- Да се сглобява в условията на взаимозаменяемост;
- Детайлите да съдържат геометрични елементи с прости и/или стандартизирани форми;
- Да имат необходимите технологични, транспортни и манипулационни бази;
- Да е възможно прилагането на автоматизирани технологии за производство и монтаж;
- Да бъдат изградени на модулен принцип или от унифицирани и типизирани елементи, за да се извършва бързо проектиране;
- Да притежават много добра монтажнопригодност, т.е. да се извършва лесен монтаж и демантиране.

На фиг.1.9 е показана графиката за връзката на разходите за изработване на детайлите и за монтаж в зависимост от точността на детайлите. С оглед намаляване на общите разходи е необходимо да се работи в оптималната (заштрихованата) зона, където те са най-малки.



Фиг.1.9. Разходи за изработване и монтаж в зависимост от точността

Тези изисквания към технологичността на изделието се удовлетворяват при използване на прогресивни технологични процеси, типизация на конструктивните и технологични процеси,

осигуряване на автоматизация, типизация на конструктивните и технологични решения, модулен строеж на конструкцията, икономически обоснован брой и вид произволни материали, детайли и възли, специализация и кооперация на производството, повишаване на организационно-техническото равнище на предприятието на база техническо оборудване.

Понятието технологичност на конструкцията се променя в зависимост от серийността на изделието, оборудването, равнището на организация на производството, нормиране на труда. За всяка фаза на производството от различни серии, съществуват изисквания и условия за осигуряването на технологичността. Само оптималното съчетание на приеманите конструктивно-технологични решения с реалните условия и перспективи на производството води до ефективно решение на задачата за технологичност. Реалното решение на технологичността на конструкцията винаги е компромис между желаното и възможното, поради което задачата за осигуряване на технологичността на конструкцията може да бъде решена при условие максималното приближаване на решенията към нормите и принципите на серийното производство, към наличната техническа база на производството и отчитане на перспективата за подобряването и.

Главните фактори, които определят изискванията за технологичност на конструкцията са:

- Вид на изделието
- Обем на производството
- Тип на производството

В текущия случай ниската технологичност на изделия Рама, Корпус за корабен стабилизатор и Статорна кутия се дължи на големите размери на изделията, тяхното също голямо тегло и необходимостта за специална и скъпа екипировка. Геометричните особености на изделията също допринасят.

## **2.2 Дейност 2 (Ф2 Зад2 Д2) Анализ на изискванията за точност и качество на изделията**

След направения анализ на технологичността на конструкцията на изделията, ще се проверят изискванията за точност и качество на изделията. За тази цел ще се разработи “Методика за определяне на точност и качество на изделията”.

### **2.2.1 Методика за определяне контрол и управление на точност и качество на изделията**

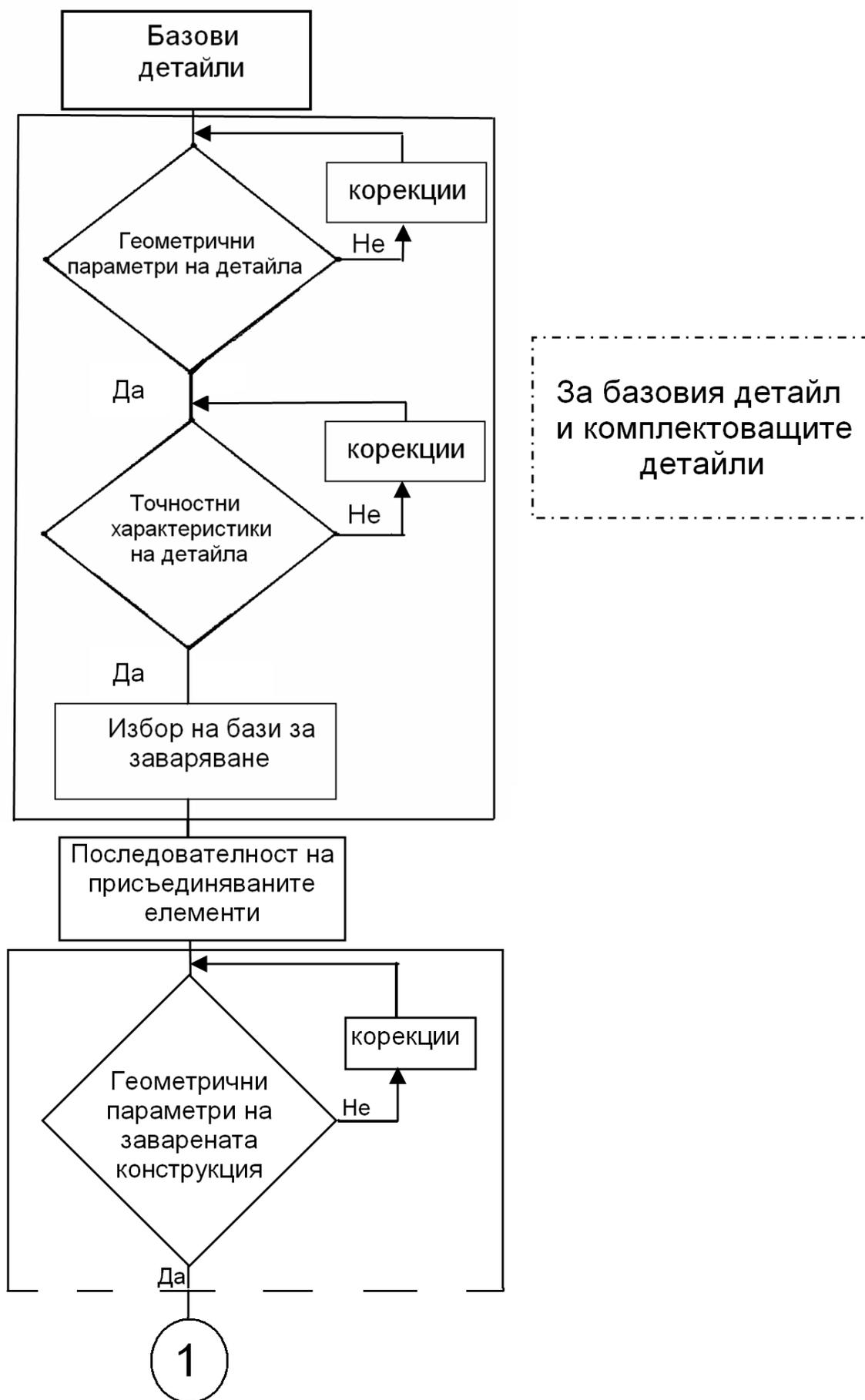
Методиката под формата на алгоритъм е илюстрирана с блок схема и се състои от 12 характерни етапа (взаимовръзките между тях са дадени на фиг.1.10 и фиг.1.11), като 5 от тях са окупнени.

Блок схемата включва следните елементи и етапи:

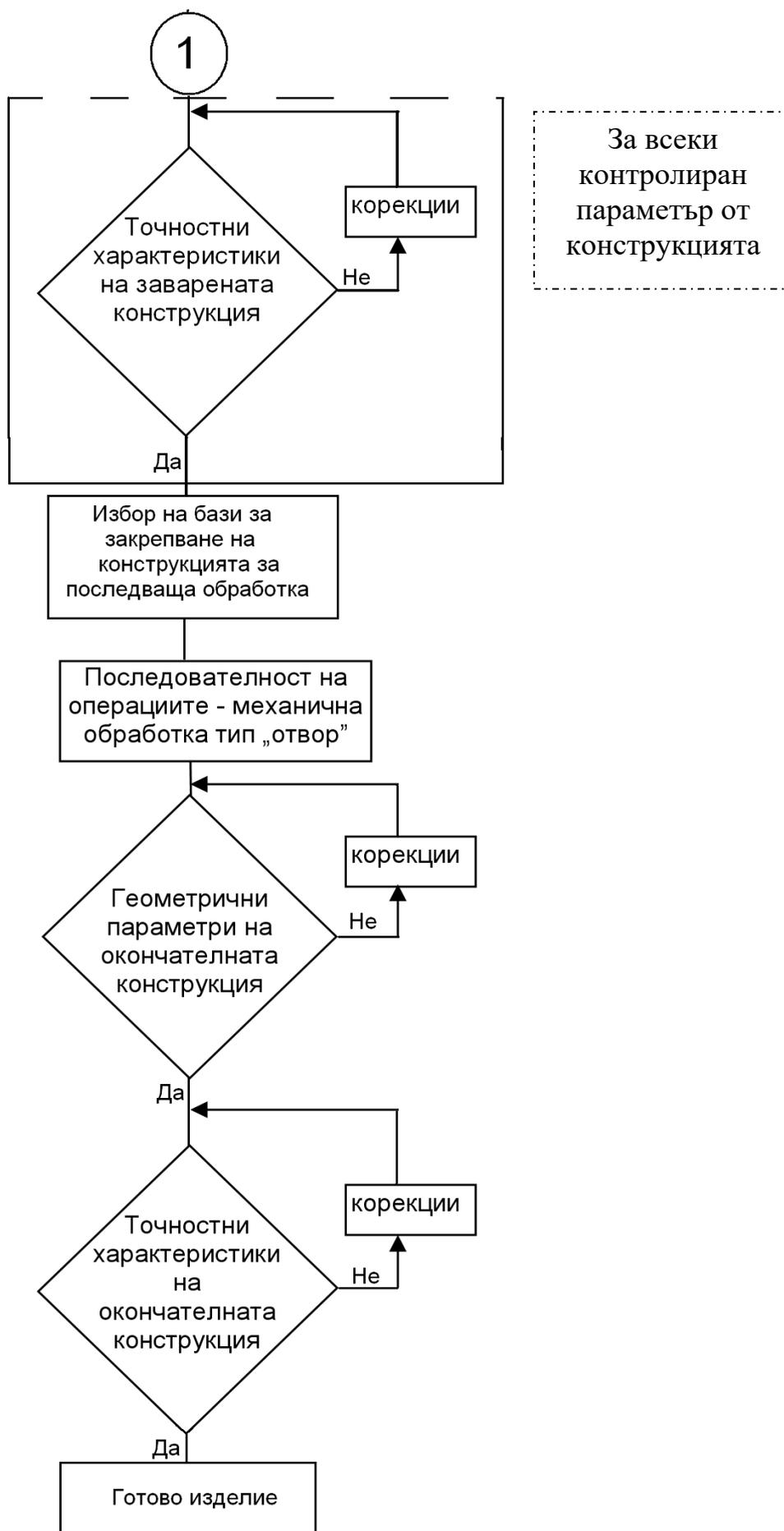
- Базови и присъединителни детайли;
- Проверка на геометрични параметри на детайли влияещи на точността на готовата конструкция при заваряване;
- Корекции на геометричните параметри на детайлите, ако се налагат такива;
- Проверка на точностните характеристики на детайлите, влияещи на точността на готовата конструкция при заваряване;
- Корекции на точностните характеристики на детайлите, ако се налагат такива;
- Избор на бази за заваряване на базовия и присъединителните детайли;
- Избор на последователност на присъединяваните елементи (детайли);
- Проверка на геометрични параметри на заварената конструкция;
- Корекции на заварената конструкция, ако се налагат такива;
- Точностни характеристики на заварената конструкция;
- Корекции на заварената конструкция, ако се налагат такива;
- Избор на бази за закрепване на заварената конструкция за последваща механична обработка „отвор”;
- Избор на последователност на обработките;
- Геометрични параметри на готовата конструкция;

- Корекции на готовата конструкция, ако се налагат такива в зависимост от контролираните геометричните параметри;
- Точностни характеристики на готовата конструкция;
- Корекции на готовата конструкция, ако се налагат такива в зависимост от контролираните точностни характеристики;
- Завършена конструкция, към която е възможно да се извършват други технологични операции.

Както се вижда от последния етап, методиката е отворена и е възможно да се добавят нови етапи към нея.



Фиг.1.10 Методика за определяне на точност и качество на изделията (начало)



Фиг.1.11 Методика за определяне на точност и качество на изделията (продължение)  
 2.2.2 Точностни параметри и характеристики

Произвежданите изделия са със сложна пространствена форма. Качеството и точността на крайното изделие зависят както от подготовката на първичните компоненти, които се присъединяват един към друг чрез заваряване и формират основната метална конструкция, така и от механичната обработка на повърхнините, за които има изискване.

При изработването на изделията е важна степента на съответствие между зададените в работните чертежи размери, форма, месторазположение и взаимно разположение с действително постигнатите размери на готовото изделие. Точността на размерите е пряко свързана и зависи от функционалното предназначение на всеки размер.

Зададената точност на размера се оценява като се изхожда от това дали даден размер е функционален ( F – основен за функционирането на изделието или за неговото сглобяване) или нефункционален ( NF - свободен).

Проверките на точността на изделията са съобразени със стандартите за Допуски с общо предназначение (mK):

- ISO 2768 – 1: 1989 Гранични отклонения на линейни и ъглови размери с неозначени допуски.
- ISO 2768 – 2: 1989 Неозначени допуски на формата и разположението.

Изделията са голямогабаритни и могат да се причислят към III и IV група номинални размери, използвани предимно в тежкото машиностроене. Спрямо номиналните размери са определени граничните отклонения и те са база при анализа на отклоненията след механичната обработка на отворите на колоните.

Основната конструкция се получава след заваряването на отделните елементи. Контролът на размерите започва още при присъединяването на всички елементи от листов материал (с дебелина, варираща от 10 до 160 mm). При правилно базиране и монтаж се пристъпва към заваряването им. Заваряването и контрола след заваряване се извършва на монтажното поле и при открити отклонения те се отстраняват чрез изправяне или ремонт.

Често след заваряването в резултат от топлинни деформации настъпва отклонение от кръглост на лагерните шийки или праволинейност, за това е важно да се предвиждат големи прибавки и контрол на размерите, които подлежат на механична обработка.

След приключване на заваръчните операции и извършен контрол изделията преминават към механична обработка на отговорните повърхнини за постигане на зададените по документацията функционални размери.

Контролът се извършва с използването на универсални измерителни средства. Тези средства са посочени в операционните карти за технически контрол.

Точностните параметри и характеристики на изделията, които се контролират са:

- Диаметри на отвори;
- Междуцентрови разстояния;
- Успоредност между отворите;
- Перпендикулярност;
- Съосност на отворите;
- Кръглост на лагерните шийки;
- Равнинност и успоредност на линейни повърхнини

Важно е да се отстранят или сведат до минимум грешките възникнали поради деформации при обработката на детайлите при установяването им; грешки възникнали от температурни деформации; грешки предизвикани от неточности на настройката на приспособленията; грешки предизвикани от нееднородност на обработвания материал (твърдост, физико-механични свойства и др.); грешки предизвикани от неточни заготовки- отклонения на формата и размерите им.

Точността на изделието се определя количествено чрез отклоненията от номиналните размери, отклонения от правилната геометрична форма, отклоненията от взаимното разположение на повърхнините и осите на детайлите.

Проверката на размерите се осъществява на три фази:

- Проверка на размерите след прихващане;
- Проверка на размерите след заваряване;
- Проверка на размерите след механична обработка.

Проверката на линейните и радиалните размери се извършва с шублери, линии и прави ъгли със съответната точност. Геометричните изисквания се контролират с лазерна система Leica AT960. Резбовите отвори се контролират с резбови калибри 6Н.

### 3. ИЗВОДИ И КОНСТАТАЦИИ ОТ АНАЛИЗА

В резултат на извършения цялостен анализ на съществуващата технология за обработване на отвори в заварените конструкции могат да се направят следните по-характерни изводи:

- Технологичният процес се нуждае от усъвършенстване с цел постигане на по-висока производителност и по-високо качество на произвежданите изделия.
- Продължителността на цикъла на цялостната механична обработка е доста голяма.
- Механичната обработка се извършва на хоризонтално разстъргваща машина (тип Борверг) Skoda W250H, като за конструкции Статорна кутия и Корпус за корабни стабилизатори отворите се обработват последователно с въртене на конструкцията, което от една страна отнема повече машинно и спомагателно време, а от друга страна е затруднено осигуряването на съосност на отворите, намиращи се срещуположно на по-голямо отстояние. За изделие Рама и Корпус за корабни стабилизатори необходимостта от употребата на установъчно приспособление води до натрупване на допълнително спомагателно време.
- Заваръчната конструкция има остатъчни деформации, които оказват неблагоприятно влияние върху качеството на цялостното изделие.
- Конструкцията и на трите изделия е с неправилни пространствени форми, които затрудняват ориентирането, базирането и закрепването им към технологичната екипировка.
- Пренастройването на машината и екипировката при преминаването от един вид изделие към друго или от един типоразмер към друг е затруднено, поради големите разлики в размерите на изделията, базовите и обработваните им повърхнини.
- Не се допуска изменение в конструкцията на изделията, т.к. производството им се извършва по документация на клиентите.
- Режимите на работа не са достатъчно интензифицирани, което води до сравнително ниската производителност.
- Наблюдават се отклонения от геометричната форма, предизвикани предимно от смущения в системата – трептения.
- Наблюдават се значителни колебания в точностните характеристики на отворите след механичната обработка.
- Отстраняването (при условие, че е поправимо) на получени отклонения в разположението и формата на обработените повърхнини, вкл. и на точността на размерите отнема значително време, което е неефективно.
- Новият технологичен процес се нуждае от нова основа, върху която да се изградят операции с по-висока производителност, концентрация на преходите, намаляване на спомагателните времена и осигуряване на по-висока надежност при получените резултати.

Въз основа на формулираните изводи и констатации от направения критичен анализ на съществуващата технология за механична обработка на трите изделия ще бъде разработена нова технология, позволяваща обработването на отворите да се осъществява при вертикално положение на техните оси. Очаква се това да подобри условията за работа на режещите инструменти с голям излет и да се създадат предпоставки да се повиши значително производителността и качеството на произвежданите изделия.

## **Ф3 – РАЗРАБОТВАНЕ НА НОВА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА МЕХАНИЧНА ОБРАБОТКА НА КОРПУСНИ, ЕДРОГАБАРИТНИ ЗАВАРЕНИ МЕТАЛНИ КОНСТРУКЦИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕНИ ЗА КОРАБОСТРОЕНЕТО И ЕНЕРГИЙНИЯ СЕКТОР**

### **1. ЗАДАЧА 1 (Ф3 ЗАД1) РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕХНИКО-ИКОНОМИЧЕСКО ЗАДАНИЕ ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА НОВ ТЕХНОЛОГИЧЕН ПРОЦЕС ЗА МЕХАНИЧНА ОБРАБОТКА НА КОРПУСНИ, ЕДРОГАБАРИТНИ ЗАВАРЕНИ МЕТАЛНИ КОНСТРУКЦИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕНИ ЗА КОРАБОСТРОЕНЕТО И ЕНЕРГИЙНИЯ СЕКТОР**

По тази задача първоначално е осъществен подготвителен етап, включващ следните дейности:

1) Провеждане на консултации, проучване и избор на:

- основно технологично оборудване (обработващ център), притежаващо необходимите технологични възможности за обработване на максимален брой видове повърхнини за избраните и други подобни едрогабаритни изделия при едно установяване;
- подходяща схема за установяване и конструиране на специално приспособление;
- необходимите режещи инструменти и друга инструментална екипировка;
- методи и измервателни средства за контрол на качеството.

2) Провеждане на консултации, споделяне на изследователски опит и решения на технологични проблеми, провеждане на семинари с екипа на фирмата с цел по-ефективно използване на машините с ЦПУ, провеждане на технологичен контрол и осигуряване на качеството.

При осъществяването на подготвителния етап са осъществени съвместни дейности с представители от Русенския университет „А. Кънчев“ (Партньор №2) и консултанти от фирми, производители на металорежещи машини и инструменти.

#### **1.1. Дейност 1 (Ф3 Зад1 Д1) Определяне на целта и предназначението на разработката.**

Целта на разработката е определяне на времевата разлика за изпълнение на операция механична обработка за трите изделия спрямо вече съществуващата технология и по този начин внасяне на иновативност за оптимизация на производствения процес. Разработката ще послужи за намаляване на спомагателните и машинните времена, за намаляване на разходите, осигуряване на по-голяма надеждност при изпълнение на механична обработка, премахване на субективния фактор и осигуряване на по-добро качество на цилиндричните и линейните повърхнини. Всички тези фактори биха осигурили по-добра възможност за привличане на поръчки с по-голяма добавена стойност.

#### **1.2. Дейност 2 (Ф3 Зад1 Д2) Определяне източниците на разработката.**

С цел максимален обхват на проучването бяха подбрани 68 различни производители на металорежещи машини от цял свят. Чрез подбор на въпросните компании по фактор дали машините, които произвеждат отговарят изискванията и зададените параметри от трите изделия, които текущия труд разглежда, бяха филтрирани следните производители:

Таблица 1.8. Режими за рязане на линейни повърхнини (диаметър на използвания инструмент D=125mm)

№	Производители	Произход					Налични големи машини в портфолиото	Специализация портални машини	Специализация колонни машини	Специализация каруселен струг	Представителства за поддръжка	Гаранция	Срок за доставка	X	Y	Z	W	Маса
		Япония	Европа	САЩ	Тайван	Китай												
12	Correa Spain	x					x	x		Nicolas Correa	60 months	10-12 months	18000 mm	7000 mm	2500 mm	2500 mm	2500x3500 /60t	2 x 3500x3500 /60t
13	Dalcoabgroup Soralluce Spain	x					x	x		Soralluce	12 months	11 months	16000 mm	7000 mm	2200 mm	2500 mm	2500x3500 /60t	2 x 3500x3500 /60t
17	Feremat machinery Czech Republic	x					x	x		Polymeta	12 months	10-12 months	16000 mm	6000 mm	1500+1000 mm	2400 mm	3500x3500 /50t	
21	FPT Italy	x					x	x	x	FPT			16000 mm	7300 mm	2500 mm	2500 mm	2500x3500 /60t	
28	HNK KOREA South Korea (имат дуплекс системи)					x	x	x	x	HNK Korea	12 months	24 months	16000 mm	6500 mm	2000+3000 mm			
58	Skoda Czech Republic	x					x	x		Skoda	18 months	11-14 months	16500 mm	6000 mm	2000+1400 mm	3000 mm		
61	TOS Kurim Czech Republic	x					x	x		Tos Kurim	18 months	15 months	16000 mm	7000 mm	2000 mm	2500 mm	2500x3500 /60t	

Става ясно, че основен фактор е размерния капацитет на машината и възможността за постигане на изискваните геометрични точности. Очертават се два конструктивни варианта на типа машина – колонна или портална. Този фактор също се изяснява от изискванията в конструктивната документация на изделията, които са зададени от клиента и не могат да бъдат променяни, а най-вероятно те се определят от функционалността на елемента.

За колонни машини – вретеното е хоризонтално и освен силите и моментите на рязане му влияе и гравитацията, т.е при обработка на отвори, които са на голямо отстояние един от друг е възможно отклонение от съосие между тях, поради провисването на вретеното с извеждането му от колоната. Друг важен факт е, че за същите машини е необходимо установяване на детайла вертикално срещу машината, което носи допълнително спомагателно време и необходимост от екипировка.

При порталните машини тези недостатъци липсват. Вретеното е с вертикална ос и няма опасност от провисване при максимален излет. Конструкцията на машината е с две опори (портал), т. е. тя е по-стабилна. За съпоставка едноколонните машини са с една опора. Това дава по-голяма коравина на конструкцията и възможност за устойчивост при по-големи сили и моменти на рязане. Няма необходимост от установъчна екипировка У00.00, което спестява част от спомагателните времена.

Описаните в табл. 1.8 портални машини са в значителна степен конструктивно и технологично сходни за да заложим аналогична технология за изпълнение на механична обработка на трите изделия. Евентуалните разлики между машините не са фундаментални и не биха предизвикали съществена разлика в стойностите на получените разходи на време.

### **1.3. Дейност 3 (Ф3 Зад1 Д3) Определяне на изискванията към разработката - технически, икономически и др.**

Изискванията към разработката на новата технология за механична обработка на трите изделия е да се докаже проектно и потвърди практически, че чрез влагане на подходяща иновативност – внедряване на нова технология с голямогабаритна цифрова портална машина, машинните и спомагателните времена ще бъдат съществено намалени, което ще доведе до намаляване на разходите за производство, подобряване на производителността и оптимизация на работните процеси. Ще се осигури надеждност при изпълнение на операциите и по-големи гаранции за осигуряване на качество на обработените повърхнини. Всички тези фактори са важни, защото те определят себестойността на производството, по която често се сортират различните изпълнители на поръчки.

## **2. ЗАДАЧА 2 (Ф3 ЗАД2) - ПРОЕКТИРАНЕ НА НОВ ТЕХНОЛОГИЧЕН ПРОЦЕС ЗА МЕХАНИЧНА ОБРАБОТКА НА КОРПУСНИ, ЕДРОГАБАРИТНИ И ЗАВАРЕНИ МЕТАЛНИ КОНСТРУКЦИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕНИ ЗА КОРАБОСТРОЕНЕТО И ЕНЕРГИЙНИЯ СЕКТОР**

### **2.1. Дейност 1 (Ф3 Зад2 Д1) Проектиране на нов маршрутен технологичен процес.**

Ще бъдат проектирани нови технологични маршрути за механичната обработка на същите заварени конструкции. Част от предходно използваните операции, технологични преходи и позиции ще бъдат запазени, а други ще бъдат заменени с по-производителни.



Фиг.1.12. Електронна опипваща измервателна глава

Маршрутната технология за обработване на Корпус за корабен стабилизатор върху голямогабаритна цифрова портална машина съдържа следните операции, технологични преходи и позиции:

- Установяване на детайла хоризонтално върху работната маса (полето) на машината, центроване, включващо разпределяне на прибавката на отворите чрез координатни измервания с електронна опипваща глава фиг.1.12.
- Разстъргване (получисто и чисто) на отворите (от  $\varnothing 1110$  до  $\varnothing 1120$  и от  $\varnothing 1300$  до  $\varnothing 1310$ ).
- Челно фрезование на челните повърхнини ( $2 \times \varnothing 1380$  и  $2 \times \varnothing 1610$ ).
- Пробиване на отвори за последващо нарязване на резба.
- Фрезование на плоски повърхнини до определен размер.
- Нарязване на резби машинно.
- Освобождаване на детайла

Данните за времената за отделните операции са дадени в табл.1.9.

Анализирайки данните от таблиците се вижда, че подготвително-заклучителните времена са по-малки от предходните. Освен това машинното време също е по-малко.

Маршрутната технология за обработване на Статорна кутия върху голямогабаритна цифрова портална машина обхваща следните операции, технологични преходи и позиции:

- Установяване на детайла върху масата на машината и неговото центроване, включващо обхождане на отворите и разпределяне на прибавката с електроконтактна опипваща глава фиг.1.12.
- Разстъргване (получисто и чисто) на отворите (от  $\varnothing 2087$  до  $\varnothing 2097$ ) – ротационното движение се извършва от ротационната маса/детайла.
- Разстъргване (получисто и чисто) на вътрешната цилиндрична повърхнина на статора (от  $\varnothing 1965$  до  $\varnothing 1975$ ) – ротационното движение се извършва от ротационната маса/детайла.
- Челно фрезование на челните повърхнини ( $\varnothing 2230$ ).
- Пробиване на отвори за последващо нарязване на резба.
- Фрезование на плоски повърхнини до определен размер.
- Нарязване на резби машинно.
- Освобождаване на детайла

Данните за времената за отделните операции са зададени в табл.1.10.

Анализът на времената отново показва, че са по-малки подготвително-заклучителните времена от предходните, машинното време също е намалено.

Маршрутната технология за обработване на Рама върху голямогабаритна цифрова портална машина обхваща следните операции, технологични преходи и позиции:

- Установяване на детайла хоризонтално върху полето на машината, центроване, включващо разпределяне на прибавката по дължината на рамата с електроконтактна опипваща глава фиг. 1.12.
- Надлъжно фрезование (получисто и чисто) на посочените повърхнини.
- Директно пробиване на отвори за последващо нарязване на резба.
- Нарязване на резби машинно.
- Проверка за равнинност.
- Освобождаване на детайла

Данните за времената за отделните операции са зададени в табл.1.11.

Анализът показва, че и при трите вида конструкции машинните и спомагателните времена намаляват. Друго подобрение е, че не се налага ръчна доработка на изделието. Преходите са концентрирани. Не се налага повторно пребазиране на третото изделие.

Таблица 1.9. Корпус за корабен стабилизатор

№	Наименование на операция, технологичен преход и позиция	Работна позиция	Начин на базиране и закрепване	Машинно време, [min]
1.	Установяване на детайла	голямогабаритна цифрова портална машина	* Установяване на детайла хоризонтално върху полето на машината	30
2.	Разстъргване на отвори		*Центроване на детайла и разпределяне на прибавката	60
	1 x Ф1120			115
	- получисто			20
	1 x Ф1310			135
	- получисто			24
	- чисто			
3.	Фрезование на челни повърхнини по кръгова интерполация			29
	2 x Ф1380			33
	2 x Ф1610			
4.	Пробиване на 20 x Ф10,2 (за М12)			9
	- пробиване			
5.	Фрезование			10
	- на размер			
6.	Нарязване на резби машинно 20 x М12			20
7.	Освобождаване на детайла			30
	<b>Общо време на цикъла</b>			<b>515</b>

Таблица 1.10. Статорна кутия

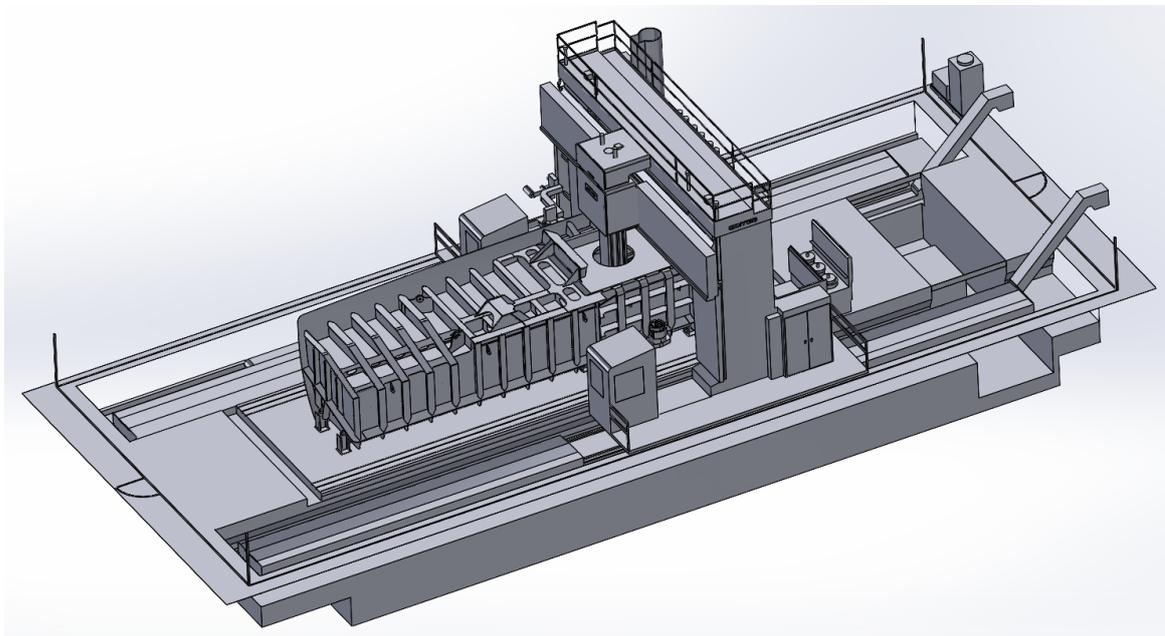
№.	Наименование на операция, технологичен преход и позиция	Работна позиция	Начин на базиране и закрепване	Машинно време, [min]
1.	Установяване на детайла	голямогабаритна цифрова портална машина	*Установяване върху масата *Центроване на детайла и разпределяне на прибавката	30 30
2.	Разстъргване на отвори 2 x Ф2087 - получисто - чисто			141 50
3.	Разстъргване на отвори 1 x Ф1965 - получисто - чисто			160 67
4.	Разстъргване на челни повърхнини 2 x Ф2230			80
5.	Пробиване на 20 x Ф10,2 (за М12) - пробиване			9
6.	Фрезоване - на размер			40
7.	Нарязване на резби машинно 20 x М12			20
8.	Освобождаване на детайла			30
9.	<b>Общо време на цикъла</b>			<b>657</b>

Таблица 1.11. Рама

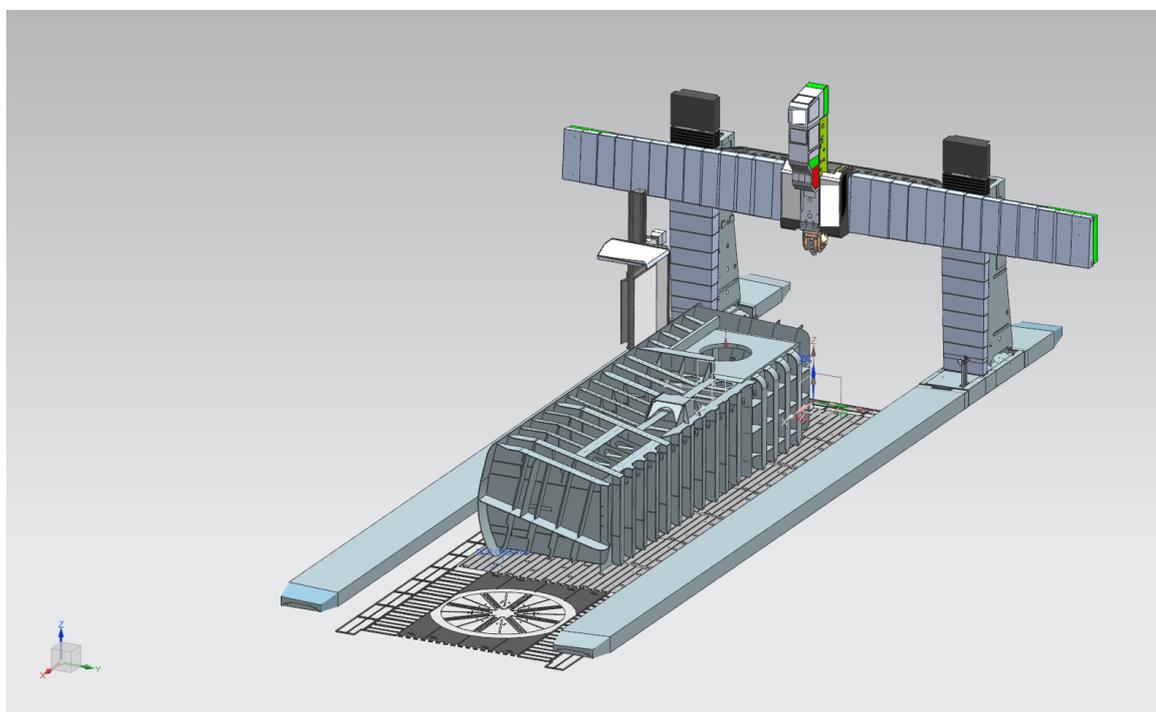
№.	Наименование на операция, технологичен преход и позиция	Работна позиция	Начин на базиране и закрепване	Машинно време, [min]
1.	Установяване на детайла	голямогабаритна цифрова портална машина	* Установяване на детайла хоризонтално върху полето на машината *Центроване на детайла и разпределяне на прибавката	60
2.	Фрезозане на горни повърхнини			60
3.	Фрезозане на средните повърхнини			221
4.	Фрезозане на долните повърхнини			111
5.	Пробиване на 12 x Ф32 (за М36) - пробиване			7
6.	Нарязване на резби машинно 12 x М36			28
7.	Проверка за равнинност.			60
8.	Освобождаване на детайла			30
9.	<b>Общо време на цикъла</b>			<b>689</b>

## 2.2. Дейност 2 (ФЗ Зад2 Д2) Симулиране на технологичния процес.

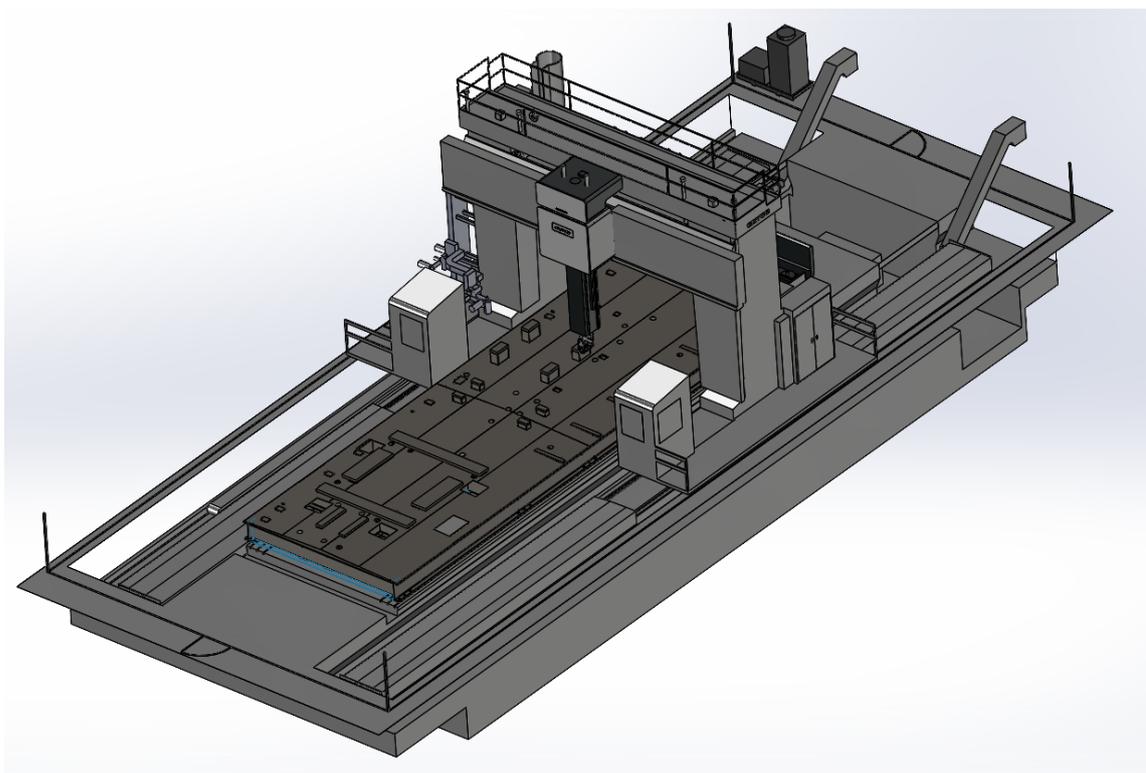
С цел проверка се извършва симулация на операция механична обработка. Проверява се достъпът до обработваните повърхнини с металорежещия инструмент. 3D моделите се разполагат върху работната маса на машината съгласно фиг.1.13, фиг.1.14, фиг.1.15 и фиг.1.16.



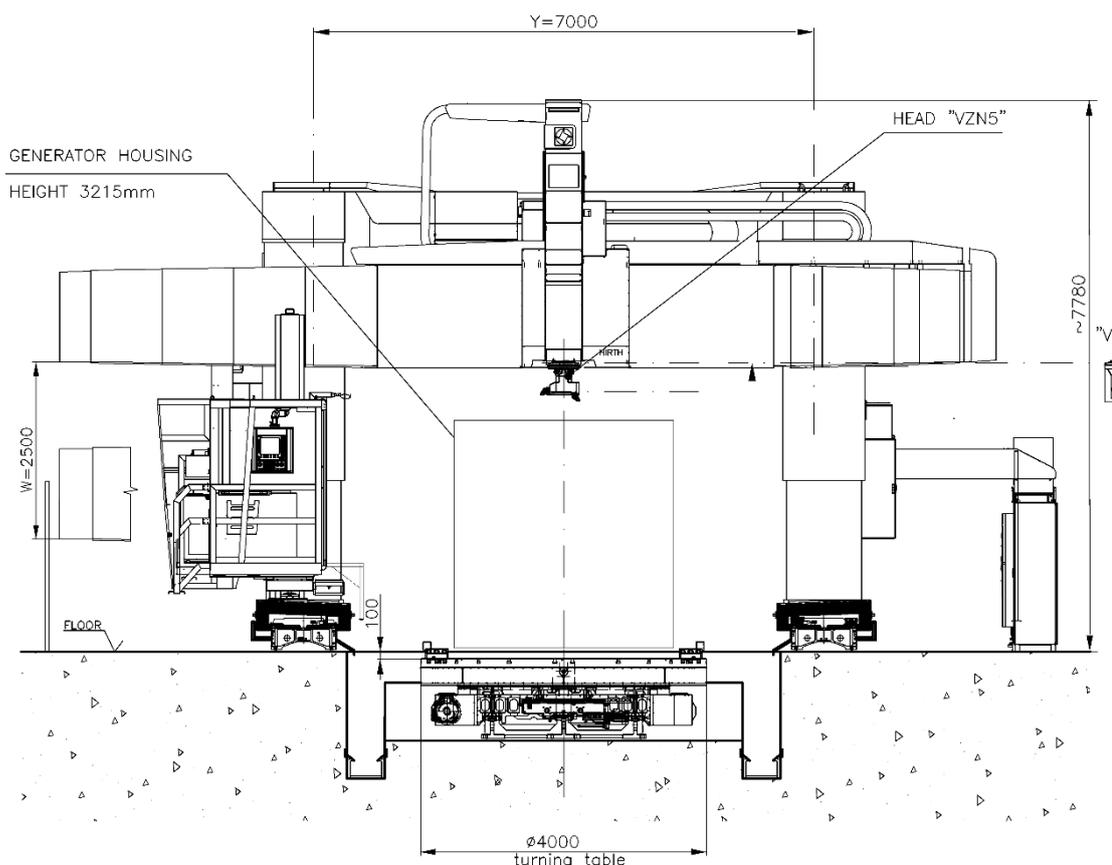
Фиг.1.13. Общ вид на симулация на установяване и обработване на изделие Корпус за корабен стабилизатор вариант 1



Фиг.1.14. Общ вид на симулация на установяване и обработване на изделие Корпус за корабен стабилизатор вариант 2

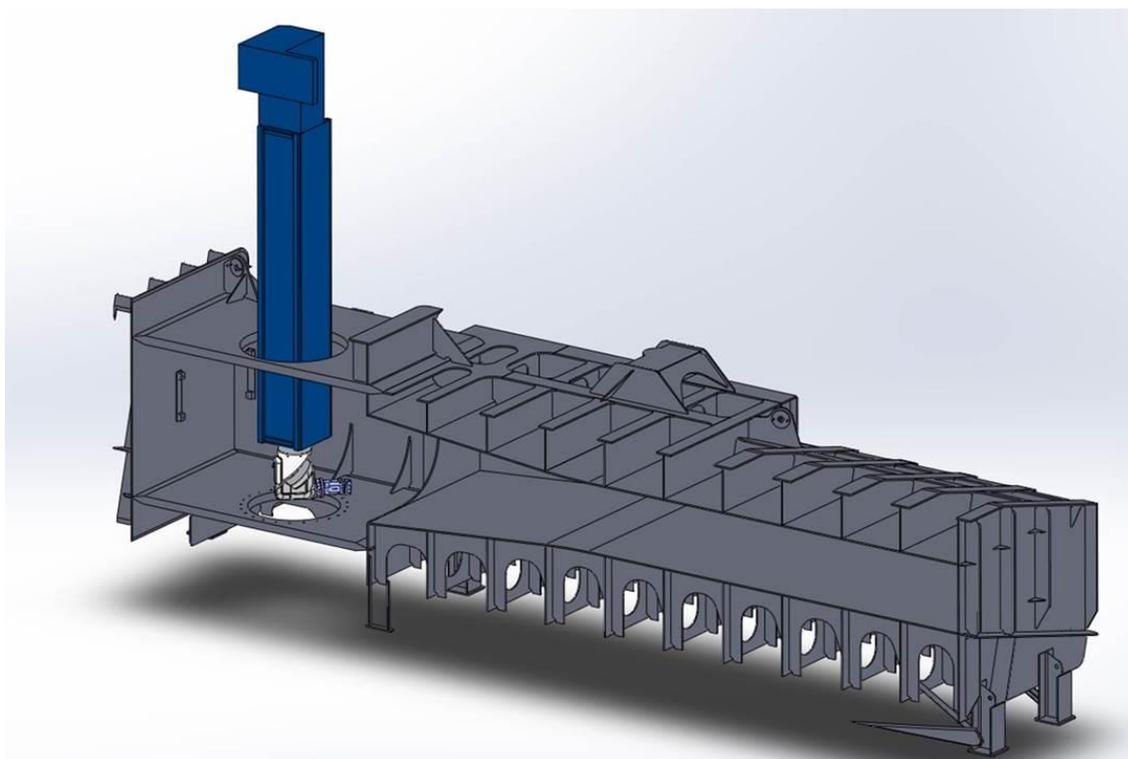


Фиг.1.15. Общ вид на симуляция на установяване и обработване на изделие Рама

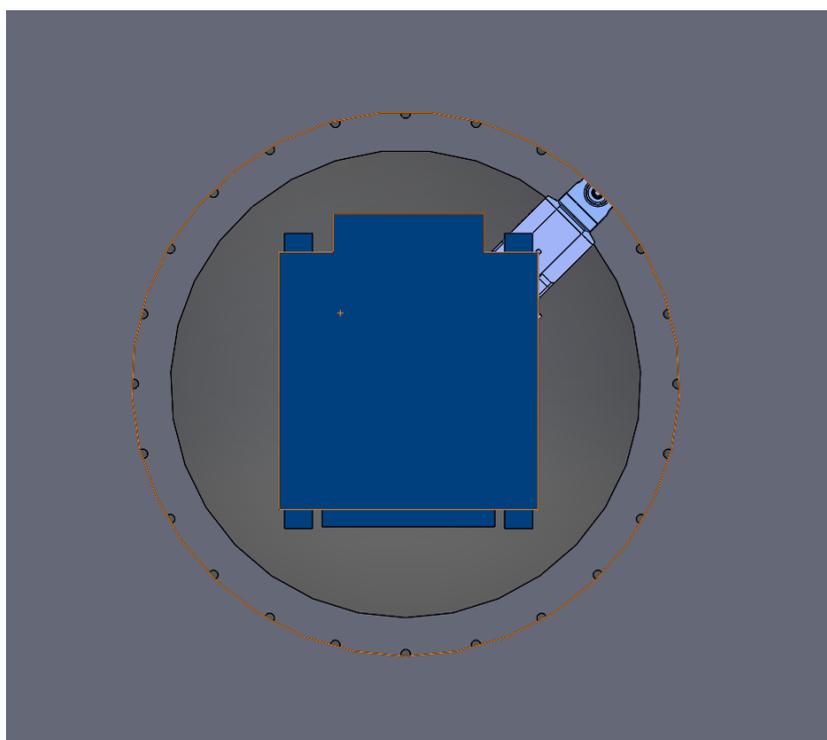


Фиг.1.16. Общ вид на симуляция на установяване и обработване на изделие Статорна кутия

Проверяват се различните операции с цел потвърждение, че машината е в състояние да покрие изискванията, които са зададени в конструктивната документация. Използването на САМ софтуер позволява автоматичното определяне за опасност от колизия с детайла.



Фиг.1.17. Симулация свредловане на отвори по вътрешната повърхнина на изделия Корпус за корабен стабилизатор



Фиг. 1.18. Поглед отблизо на свредловане на отвори по вътрешната повърхнина на изделие Корпус за корабен стабилизатор

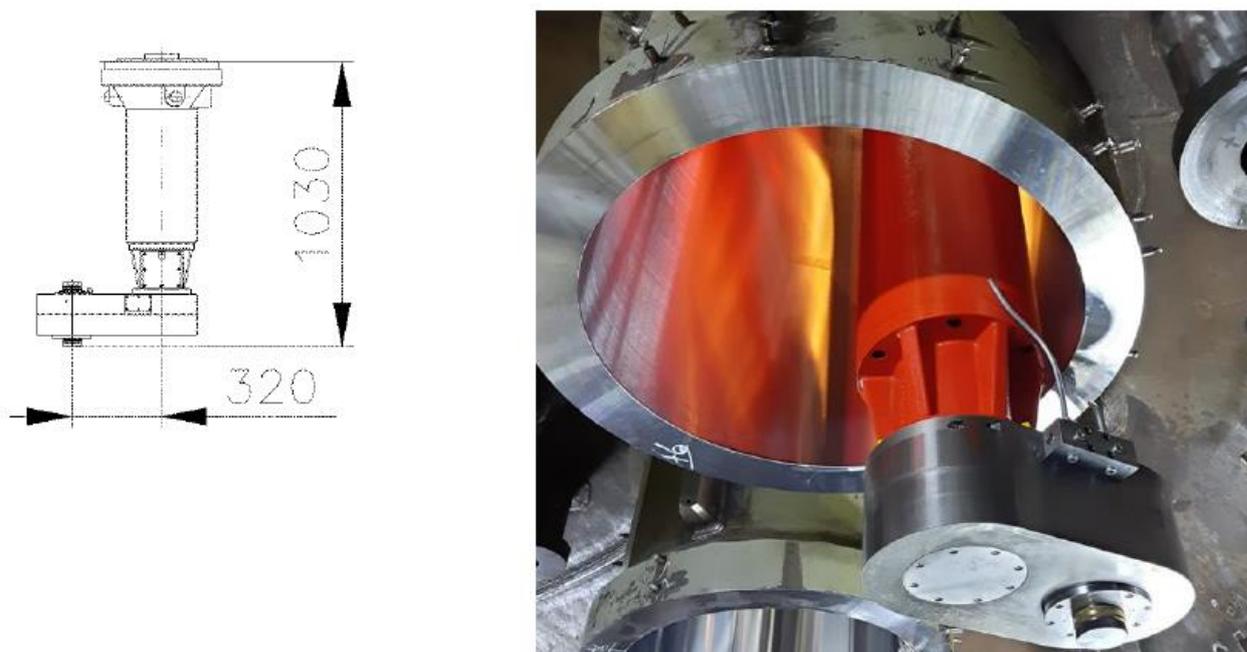
След проверка на цялата последователност може да се даде оценка за пригодността на машината и степента на изпълнение на изискванията към нея. За цитираните по-горе примери е установено, че механичната обработка може да бъде изпълнена. С избраната инструментална екипировка могат да бъдат достигнати всички предвидени за механично обработени повърхнини и да бъдат изпълнени необходимите преходи. За труднодостъпните места се използват различни глави, които се установяват към вретеното на машината.



Фиг.1.19. Общ вид на разстъргваща глава



Фиг.1.20. Общ вид на допълнителна глава за свредловане и фрезоване на труднодостъпни места



Фиг.1.21. Общ вид на допълнителна глава за обратно свредловане

### 3. ИЗВОДИ И КОНСТАТАЦИИ

След съпоставка на съществуващата и новоразработената технология се установява, че са постигнати подходящи решения по идентифицираните проблеми. Конкретно степента на подобрене и оптимизиране се изразява в по-надеждно осигуряване на качеството, по-малки общи разходи и по-висока производителност с намаляване на спомагателните и машинни времена, които са необходими за обработване на изделията,

В заключение могат да бъде формулирани и следните конкретни резултати, констатации и заключения:

- Технологичният процес е осъвършенстван.
- Времето за механична обработка в цялост е намалено приблизително два пъти.
- Механичната обработка се извършва при хоризонтално разположение на детайлите, което изисква по-малко спомагателно време.
- Подавателното движение на вретеното е вертикално, което допринася за надеждност при изпълнение на операцията.
- Отделните преходи са концентрирани, което допринася за намаляване на спомагателните времена по време на препозициониране на режещия инструмент.
- Режимите на работа са оптимални и автоматично зададени.
- Субективния фактор по време на задаване на координати е премахнат.
- Гарантира се възможността за обработване на насрещни отвори с изискване за съосие;
- Намаляват се производствените разходи.
- Повишава се възможността за привличане на поръчки с по-висока добавена стойност.

### 4. ОТЧЕТ НА ИЗПЪЛНЕНИЕ:

Внедряването на иновацията в бизнес процесите на ТМ-Технолоджи АД – Русе е реализирано посредством закупуването, инсталирането и пускането в експлоатация на нова портална машина, която представлява изцяло нов и иновативен, в национален мащаб, технологичен подход при механичната обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции.

Технологичният процес, свързан с производството на корпусни и едрогабаритни детайли, предназначени основно за сектора на машиностроенето, е изключително сложен, продължителен и изискващ високо ниво на точност. Това, от своя страна, предполага прилагането към тези процеси на все по-комплексни и иновативни, в технологично отношение, решения. Основната цел на тези

решения, в областта на обработката на метали, е постигането на геометричните и точностните характеристики на произвежданите изделия, от една страна, и съкращаване на времето за производство на изделията, от друга. В тази връзка съвместен екип от специалисти на „ТМ-Технолоджи“ АД и Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини“ от Русенския Университет - Ангел Кънчев анализира предходно съществуващата технология за механична обработка, която предприятието прилага и разработи новия иновативен технологичен процес за обработка на корпусни едрогобаритни заварени конструкции, който може да се определи като новост на национално ниво, превъзхождащ съществуващите алтернативни решения.

Анализът на предходните технологични маршрути и операции при механичната обработка на заварените конструкции показва, че се натрупват големи подготвителни-заклучителни времена поради същината на базиране на детайла. Друг важен аспект е, че се налага ръчна доработка до постигане на възложеното задание, както и повторно пребазиране и центроване на изделието в хоризонтална позиция с цел нивелиране и проверка за равнинност. Допълнително, предходно прилагания от предприятието производствен процес, се характеризира с високата степен на риск от качествен дефект т.к. гореописаните операции и екипировката за тях са с най-голямо значение за спазване на геометричната и размерна точност. Това от своя страна ограничава дружеството по отношение големината и разновидността на предлаганите от него изделия.

Отчитайки изводите от направения критичен анализ, на ползваната технология за механична обработка, е разработена нова процесна технология, която позволява да се повиши значително производителността и точността на произвежданите изделия. Новият технологичен процес предлага операции с по-висока производителност, концентрация на преходите, намаляване на спомагателните времена и осигуряване на по-висока надеждност на получените резултати. Иновативната технология на новозакупената портална машина е проектирана на база конкретни изисквания за точности при изпълнение на отделните видове обработки, в това число и металообработващи приставки/аксесоари, инструменти и друга екипировка. При нея вретеното е вертикално и няма опасност от пропадане при максимално удължение, конструкцията на машината е с две опори, за съпоставка колонните са с една такава. Това дава по-голяма коравина на конструкцията и възможност за устойчивост при по-големи сили на рязане. Няма необходимост от установъчна екипировка, което елиминира паразитните спомагателни времена.

Посредством внедряването на новата технология с голямогабаритна цифрова портална машина, която е новост на национално ниво, машинните и спомагателните времена са съществено намалени, което води до намаляване на разходите, подобрява производителността и оптимизира работните процеси. Осигурява се надеждност при изпълнение на операциите и по-добро качество на обработените повърхнини. Всички тези фактори са важни, защото те определят себестойността и конкурентоспособността на производството.

### **Дейност:**

В рамките на настоящото проектно предложение се внедрява иновация в бизнес процесите на предприятието, която е насочена към производството на стоки и предоставяне на услуги. Иновацията представлява изцяло нов, не само за предприятието-кандидат, но и в национален мащаб, технологичен производствен метод за механична обработка на едрогобаритни детайли, основан на иновативна в световен мащаб производствена технология. Технологичният процес, свързан с производството на корпусни и едрогобаритни детайли, предназначени основно за сектора на машиностроенето, е изключително сложен, продължителен и изискващ високо ниво на точност процес. Това, от своя страна, предполага прилагането на все по-комплексни и иновативни, в технологично отношение, решения. За тази цел разработената и внедрената по проекта процесна иновация е изготвена специално за нуждите на „ТМ-Технолоджи“ АД, като са отчетени индивидуалните особености и производствените недостатъци на процесите в предприятието. Базирайки се на изводите, от направения критичен анализ по отношение на предходно прилагания от предприятието технологичен процес за механична обработка, е разработена новата процесна технология, която позволява да се повиши значително производителността и качеството на

произвежданите от предприятието метални изделия. В основата на разработения нов технологичен процес е голямогабаритна цифрова портална машина, върху която се изграждат операции с висока производителност. Иновативната технология на машината е специфична и проектирана на база конкретни изисквания за точности при изпълнение на отделните видове обработки, в това число и металообработващи приставки, инструменти и друга екипировка. Това води до намаляване на разходите за производство, подобряване на производителността и оптимизация на работните процеси. По този начин се осигурява надеждност при изпълнение на операциите и по-добро качество на обработените повърхнини.

Внедрената по проекта иновация е съвместна разработка на екип специалисти от „ТМ-Технолоджи“ АД и Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини" от Русенския Университет - Ангел Кънчев. В рамките на съвместната работа на екипите е направен анализ на стария технологичен процес за механична обработка, като е определен асортимента от изделията. Анализирани са технологичния маршрут и отделни операции. Извършен е анализ на установъчната и инструменталната екипировка, както и начините на базиране и закрепване. Направени са съответни изводи, като е обърнато внимание на слабостите в технологията и екипировката за асортимента от изделия. Извършен е анализ на технологичността на конструкцията на изделията. Направен е и анализ на изискванията за точност на размерите и на формата на изделията. Отчитайки посочените изводи на съществуващата технология за механична обработка е разработена нова.

Основните предимства се изразяват в намаляване на спомагателните и машинните времена, намаляване на разходите, осигуряване на по-голяма надеждност, премахване на субективния фактор и осигуряване на по-добра точност на цилиндричните и линейните повърхнини. Всички тези фактори биха осигурили по-добра възможност за привличане на поръчки с по-голяма добавена стойност.

Изпълнените дейности попадат в обхвата на тематична област „Мехатроника и микроелектроника“ от Иновационната стратегия за интелигентна специализация 2021-2027 и по-специално в приоритетните направления от нея: производство на базови елементи, детайли, възли и оборудване, вграждани като част от мехатронен агрегат или самостоятелно съставляващи такъв. Още в направление машиностроене и уредостроене, вкл. части, компоненти и системи, с акцент върху универсална, специализирана, специална/кибер/ и сервизна роботика.

„ТМ – Технолоджи“ АД е дружество извършващо широк спектър от технологични операции, свързани с обработка, сглобяване и изработка на уникални машини и оборудване като: корпус за генератори и двигатели с различни размери, цистерни и резервоари с работен обем до 5000 m<sup>3</sup>, шасита (рами и напречни греди) с размери 29000 x 5000 mm x 25000 mm, кофи за багери, оборудване и резервни части за металургичната, енергийната, циментовата, минната и химическата промишленост, което е и основната икономическа дейност отчитана по КИД 2008 - 28.11. Производство на турбини и двигатели, без авиационни, автомобилни и мотоциклетни. В този смисъл разработената за нуждите на предприятието и предвидена за внедрява в производствения процес по проекта нова технология за обработка на произвежданите детайли, елементи и конструкции има пряк ефект по отношение на областта на машиностроенето и уредостроенето, към които области принадлежат произвежданите от предприятието продукти. В допълнение, инвестирайки в закупуването на голямогабаритна цифрова портална машина, от най-висок в технологично отношение клас, се постига пълна механизация и автоматизиране на работния процес в предприятието. Прилагайки един типичен мехатронен подход, дружеството си поставя за цел чрез автоматизация на производствения процес да разреши вече идентифицираните основни проблеми и ограничения пред своето развитие. Достигането на пълна автоматизация по отношение на етапите на обработка на произвежданите от дружеството средно до голямогабаритни продукти е възприета като основно средство за постигане на по-високи технико-икономически показатели. Новото технологично оборудване се базира на иновативна технология и е специално проектирано по начин, който да осигури оптимална степен на автоматизация, съобразена с конкретното производство. Въз основа на всичко изложено настоящото проектно предложение на ТМ – Технолоджи АД несъмнено следва да се класифицира, като попадащо в обхвата на област „Мехатроника и микроелектроника“.

**Приложение:**

Стабилното пазарно присъствие, което дружеството си е извоювало от своето създаване до днешни дни, поставя редица предизвикателства пред неговото бъдещо развитие. Сред най-важните от тях са необходимостта от непрекъснато развитие и разширяване на продуктовата му гама и подобряване на производствените процеси, така че, в условията на увеличаваща се конкуренция, да успее да отговори на все по – разнообразните търсения и потребности, както на националния, така и на международните пазари. За тази цел е извършен анализ на съществуващата технология за механична обработка на произвежданите от предприятието изделия. За извършването на комплексния анализ на съществуващия технологичен процес са разработени 3D модели на три примерни групи продукти, като е направена подходяща графична илюстрация за анализиранияте дейности във вид на графики и снимков материал. Въз основа на направения критичен анализ са формулирани характерни изводи и е разработен новия технологичен процес, който осигурява съкращаване на технологичния цикъл за обработване, постигане на максимална концентрация на операциите при единство на технологичните, конструктивни и измервателни бази, осигуряване на възможност за вертикално обработване на съосни отвори с голяма степен на точност и изискване за съосност, автоматизиране на технологичния цикъл при обработката на отвори и отделните проходи при фрезование и осигуряване на възможност за обработване на по-голям асортимент от изделия.

С прилагането на новата технология се усъвършенства производството и се подобряват условията на труд. Увеличава се производителността и се подобрява размерната точност и форма на извършваната механичната обработка. Разширяват се възможностите за производство, което довежда до привличане на поръчки с по-висока добавена стойност. Разработената за нуждите на предприятието и внедрена по проекта нова технология за механична обработка обхваща всички произвеждани средни и високо габаритни детайли и елементи, изискващи висока степен на точност. По този начин проектът има широк пряк ефект по отношение на всички произвеждани в рамките на основния код на икономическата дейност на кандидата продукти.

**Новост:**

Предвидената за внедряване в рамките на настоящия проект иновация представлява нов технологичен процес за механична обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции. Технологията е разработена от съвместен екип специалисти от ТМ-Технолоджи АД и Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини" от Русенския Университет - Ангел Кънчев в две фази: анализ на съществуващата технология за механична обработка и разработване на нова технология за механична обработка.

Целта на анализа на съществуващата технология за механична обработка е да се разкрият наличните несъвършенства, както и да се изведат потенциалните възможности за подобрене. За целите на анализа е определен асортимент от изделия. Анализирани са маршрутната им технология, отделните технологични операции и режимите на работа, установъчната и инструменталната екипировка, технологичността и пригодността на изделията и тяхната точност, с разработване на методика. За извършването на комплексния анализ на съществуващия технологичен процес са разработени 3D модели на изделията с помощта на софтуерен продукт Solidworks 2023. Направена е подходяща графична илюстрация за анализиранияте дейности във вид на графики и снимков материал. От направения критичен анализ са формулирани характерни изводи, въз основа на които е разработена нова иновативна технология. Разработени са вариантите за маршрутни технологии, които са анализирани и е избран оптималния. Целта на предложения проект е да се разработи нова, високопроизводителна технология за окончателна механична обработка на заварени конструкции, включваща операции разстъргване, фрезование на челни повърхнини, пробиване и резбонарязване.

Разработеният нов технологичен процес за механична обработка на корпусни едрогабаритни заварени конструкции, представлява новост както за предприятието, така и на национално ниво. Основните иновационни показатели и черти, отличаващи предложеното решение по проекта, включват:

- Показател 1: Съкратен технологичен цикъл.
- Показател 2: Максимална концентрация на операциите при единство на технологичните, конструктивни и измервателни бази.

- Показател 3: Вертикално обработване на съосни отвори с висока степен на точност и изискване за съосие.
- Показател 4: Автоматизиране на технологичния цикъл при обработката на отвори и отделните проходи при фрезование.
- Показател 5: Възможност за обработване на изделия с големи размери.

Информацията и заключенията от анализа, както и познанията на работните екипи, са основание за потвърждаване на приноса на разработената нова технология за механична обработка към развитието на предприятието. Ползите от внедряването на технологията са значителни. От гледна точка приложимостта на тази технология в национален план също има значителен потенциал. И в момента редица предприятия от сектора на машиностроенето разполагат с различни по вид стандартни съвременни портални машини, които обаче не позволяват същия размерен капацитет нито комплексност на обработката. Съществена разлика е обстоятелството, че въпросната технология е прецизирана и доработена специално и индивидуално за конкретните нужди на „ТМ-Технолоджи“ АД.

#### **Алтернативни решения:**

Алтернативно решение 1: Технологичен процес за обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции, при който се използват универсални металообработващи машини. Този тип технологично решение е масово прилагано за обработката на малки до средно габаритни изделия, които не предполагат значителна степен на серийност. Тази технология е стара, нетехнологична и неконкурентна.

- Показател 1: Този тип технология на обработката предполага значително по-дълъг производствен цикъл т.к. се изисква наличието на установъчно приспособление, което се поставя върху борверговото поле на машината. То се прехваща през Т каналите на полето като по този начин се осигурява опора срещу силите на рязане. Преди затягане на приспособлението се извършва центроване с индикаторен часовник. Опипват се базиращите повърхнини с машината и се изправят за да бъдат в една равнина, успоредна на ходовете на машината. Този процес е дълъг поради относителния си характер и поради голямото отстояние между двете приспособления. При най-големите обработвани изделия се налага извършване на ход на машината между приспособленията равен на 15 m, което натрупва нежелани спомагателни времена. Това води до загуби и ниска производителност.
- Показател 2: Режимите на работа при механична обработка на отворите на изделията зависят пряко от обработвания материал, избрания режещ инструмент, установката и самата машина. При използване на универсални металообработващи машини често, поради технически ограничения, не могат да бъдат изпълнени препоръчаните от производителя на режещия инструмент режими на рязане. Допълнително, поради относителния характер на работа с подобни машини, често се налага корекция на режимите по време на обработка, което се извършва субективно, на база опита на оператора на машината. Корекцията се изразява в намаляване на подаването, оборотите на инструмента и/или подадената дълбочина на рязане, което води до увеличаване на машинното време и натрупване на разходи. Времеотнемащо е и преминаването от една операция към друга.
- Показател 3: Използването на универсални машини позволява обработване на съосни отвори с компромисна степен на точност. Ограничение освен отклонението от съосие е и размерния капацитет на обработваните изделия.
- Показател 4: Автоматизирането на технологичните цикли също е възможно да бъде постигнато, но за сметка на допълнителни инвестиции, които са нерентабилни за стари машини.
- Показател 5: Използването на технологията за обработката на детайли с голям размерен капацитет е почти изцяло неприложимо, а там, където е възможно, анализите показват непродуктивност, нерентабилност и трудоемкост.

Алтернативно решение 2: Технология за обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции с металообработваща машина от колонен тип. Този тип технология е

алтернатива на предлаганата. Дефинирана е в анализа при разработване на иновативния технологичен процес, като са отчетени нейните силни и слаби страни.

- Показател 1: За този тип машини е необходимо установяване на детайла вертикално срещу машината, което носи допълнително спомагателно време и има нужда от екипировка. Това води до удължаване на производствения цикъл. Данните от извършения анализ показват, че подготвително-заклучителните времена при използване на тази технология са големи. Те представляват не малък процент от единичното време. Машинните времена са също значителни. Най-продължителните операции са разстъргващите такива, които на съответната машина се извършват хоризонтално.
- Показател 2: Концентрацията на операциите при единство на технологичните, конструктивните и измервателните бази се постига условно.
- Показател 3: Вретеното е хоризонтално и освен силата на рязане му влияе и гравитацията, т.е при обработка на отвори, които са на голямо отстояние един от друг е възможно отклонение от съосие между тях, поради пропадането на вретеното с отдалечаването му от колоната.
- Показател 4: Автоматизирането на технологичния цикъл при обработката на отвори и отделните проходи при фрезване също е възможно да бъде постигнато при използването на този тип технология, но за сметка на допълнителни инвестиции.
- Показател 5: Използването на подобни машини за обработката на детайли с голям размер е възможно, но при съществуващите ограничения произтичащи от оценката по другите показатели.

Алтернативно решение 3: Технологичен процес за обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции използващ металорежеща машина от портален тип, без вертикална ос.

- Показател 1: Порталния тип машина предполага сравнително оптимизиран производствен цикъл, но при по-ниска производителност поради липсата на четвъртата допълнителна вертикална ос.
- Показател 2: Концентрация на операциите при единство на технологичните, конструктивни и измервателни бази може да бъде постигната. Разликата е в това, че при нея е необходима допълнителна екипировка за позициониране на детайла за да се компенсира липсата на четвърта ос.
- Показател 3: Коровината на машината и устойчивостта ѝ на трептения при по-големи сили на рязане е по-малка поради особеността на конструкцията ѝ.
- Показател 4: Автоматизирането на технологичния цикъл е възможно.
- Показател 5: Използването на технологията за обработка на детайли с голям размерен капацитет е възможно, но при съществуващите ограничения произтичащи от оценката по другите показатели на машината.

Заклучение:

На базата на направеното сравнение и направените изводи в анализа и разработката по категоричен начин се доказва нагледно, че чрез влягане на иновативност – внедряване на нова технология с голямогабаритна цифрова портална машина, машинните и спомагателните времена съществено намаляват, което води до намаляване на разходите за производство, подобряване на производителността и оптимизация на работните процеси. Осигурява се надеждност при изпълнение на операциите и по-висока точност на размерите форма на обработените повърхнини. Всички тези фактори са важни, защото те определят себестойността, по която често се сортират различните изпълнители на поръчки. След съпоставка на старата и новоразработената технология ясно се вижда степента на подобрене и оптимизиране. Виждат се по-малките спомагателни и машинни времена, които са необходими за обработване на изделията. В цялост могат да бъде изведени следните изводи:

- Технологичният процес е усъвършенстван.
- Времето за механична обработка в цялост е намалено приблизително два пъти.

- Механичната обработка се извършва при хоризонтално разположение на детайлите, което изисква по-малко спомагателно време.
- Подавателното движение на вретеното е вертикално, което допринася за надеждност при изпълнение на операцията.
- Отделните преходи са концентрирани, което допринася за намаляване на спомагателните времена по време на препозициониране на режещия инструмент.
- Режимите на работа са оптимални и автоматично зададени.
- Субективния фактор по време на задаване на координати е премахнат.
- Гарантира се възможността за обработване на насрещни отвори с изискване за съосие.
- Намаляват се производствените разходи.
- Повишава се възможността за привличане на поръчки с по-висока добавена стойност.

### **Анализ на пазарната ниша:**

Предлаганата за внедряване в рамките на проекта иновация в бизнес процесите на предприятието е насочена към производството на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции, които намират широко приложение в областта на високите технологии на тежкото машиностроене – високо-точни големи рами за двигатели, генератори, редуктори и агрегати, елементи от корабостроенето, конструкции от цивилното и общото инженерство, елементи за ветрогенератори. В общ план машиностроенето е предимно експортно ориентирано, което определя до голяма степен реализацията на произвежданите от „ТМ-Технолоджи“ АД продукти, в резултат от внедряването на процесната иновация по проекта. Основни пазари за машиностроенето, а в тази връзка и за продуктите на дружеството-кандидат са страните от ЕС и в най-голяма степен Германия, с които вече има изградени стабилни бизнес партньорства. Изключителната гъвкавост, специализацията в индивидуални поръчки в малки серии, с висока сложност и в кратки срокове за изпълнение правят продукцията на дружеството изключително предпочитана, което прави успешна нейната реализация.

Машиностроителния сектор е един от най-бързо и динамично развиващите се. За 2023 година ръстът при оборота и износа при производството на изделия за машиностроенето макар и да не оправда очакванията на анализаторите в пълен обем отбеляза ръст съответно в оборота 4%, а в износа 6%. Очакванията са динамиката да продължи, като европейските тенденции в тази посока са свързани с постепенно оптимизиране и реструктуриране на процесите, в търсене на по-тясна специализация и превъзлагане на голяма част от поръчките на по-малки производители, с цел постигане по-добра цена. Всичко това би дало конкурентни предимства на произвежданите, след внедряването на иновативната производствена технология в предприятието, изделия, т.к. те ще бъдат с по-добра цена, по-бързо произведени и с по-висока точност на обработените повърхнини.

### **Анализ на възможните рискове и пречки пред пазарната реализация на внедряваната иновация:**

Рисковете по отношение пазарната реализация на произвежданите от дружеството, в резултат на внедрената по проекта иновативна технология, продукти могат да бъдат породени от външни и вътрешни фактори. Основния външен фактор е свързан с намаляване темпа на инвестициите като цяло, поради неблагоприятен пазарен климат. Военните действия също са фактор, който оказва негативно влияние по отношение развитието на машиностроителния сектор. Това намаление води до ограничаване и/или спад на поръчките. Подходящата мярка за неутрализиране или смекчаване на ефекта би била засилване на експортните операции с тези продукти към страни, в които има ръст на инвестициите, респективно има силно търсене. От друга страна негативния ефект би имал само отлагателно действие по отношение на пазарната реализация, поради устойчивата дългосрочна тенденция за потенциал на пазарната ниша. Основния вътрешен фактор е свързан с неправилно реализирана маркетингова политика по налагането на нишовите продукти и най-вече пазарната комуникация с оглед представянето на продуктите, където предлагана цена е важна за клиентите, но не е решаващ фактор. Подходящата мярка за неутрализиране на подобен ефект е силното и

съпричастно отношение на висшето ръководство на компанията, с оглед осигуряване на подходящите човешки, материални и финансови ресурси за успешна пазарна реализация на инвестицията.

Сама по себе си дейността на кандидата не е обект на специфична регулация. Различни изисквания по отношение на параметрите на произвежданите от дружеството изделия са обект на регламентация в различните директиви на ЕС. С оглед спазването на тези индивидуални към конкретния вид изделие изисквания се следят посредством осъществяването на производствен контрол, провеждане на задължителни изпитвания в акредитирани лаборатории, издаване на документи за съответствие и др.

От направените фирмени проучвания за коопериране на част от произвежданата продукция в частност окончателна механична обработка, не са открити други производители, които произвеждат или имат технологични възможности за механична обработка на подобни конструкции. Въпреки това, в национален мащаб могат да бъдат споменати няколко производителя, които имат потенциал и възможност за производство на подобни изделия. Такива предприятия са „Капрони“, „М+С Хидравлик“, „ХЕС“ Ямбол, „Бъдещност“, Чирпан и др. Основното конкурентно предимство на „ТМ Технолоджи“ АД пред тях се изразява именно в новата иновативна технология за механична обработка, внедрена в предприятието, която допринася за приблизително два пъти намалено производствено време в цялост при хоризонтално разположение на детайлите, което изисква по-малко спомагателно време. Повишават се надеждността при изпълнение различните операции, възможността за обработване на насрещни отвори с високо изискване за съосие, възможността за привличане на поръчки с по-висока добавена стойност. Намаляват се производствените разходи.

### **Приложимост и жизнеспособност на внедряваната по проекта иновация:**

#### **1. Анализ на потенциалните клиенти и стратегия за пазарна реализация на внедряваната иновация:**

Внедрената по проекта иновация допринася за реализиране на възможността за обработка на голямогабаритни изделия и конструкции с различно предназначение, които имат изискване за точни присъединителни повърхнини или отвори. Поради високата степен на експортна ориентираност на машиностроителния сектор основните клиенти на дружеството са именно чуждестранни компании като: Everllence, Caterpillar Energy Solutions, Siemens, Homag, Ruhrpumpen, WEG, Berco, Liebherr, SKF, Metso, Thyssenkrupp. Поради спецификата на произвежданите от дружеството продукти, маркетинговата политика не може да бъде стандартна. С посочените потенциални клиенти на дружеството вече има установени, в различни периоди от време и по различни поводи, търговски взаимоотношения. В рамките на ежегодно провеждани с тях срещи се прави планиране на заявките в краткосрочно (6-12 месеца) и средносрочно (1-3 години).

Допълнително, ще се търсят и нови партньори в страната и чужбина. За целта ще се планират участия в различни изложения в областта на машиностроенето и обработката на метални изделия. Естеството на произвежданите изделия предполага установяване на директен контакт с потенциалните клиенти. При разговорите ще се наблегне на получените конкурентни предимства по отношение на произвежданите изделия, като резултат от внедрената по проекта иновативна технология за механична обработка на детайлите, а именно приблизително два пъти намалено време за механична обработка, в цялост, при хоризонтално разположение на детайлите, което изисква по-малко спомагателно време, предлага надеждност при изпълнение на операциите, възможност за обработване на насрещни отвори с високо изискване за съосие, намаляват се производствените разходи.

В случая, част от стратегията за пазарна реализация на услугите на фирмата ще бъде популяризиране на дружеството, посредством публикации в специализирани издания, интервюта и др.

#### **2. Анализ на пазарните предимства и слабости на внедряваната иновация:**

На база на SWOT анализа, който компанията ТМ Технолоджи АД направи, се идентифицираха следните силни и слаби страни, както и пазарни предимства, които биха имали значение за пазарната реализация на произведените в резултат на внедрената в процесите иновация. Като

основни конкурентни предимства по отношение на произвежданите изделия се открояват приблизително два пъти намалено време за механична обработка при хоризонтално разположение на детайлите, което изисква по-малко спомагателно време, надеждност при изпълнение на операциите, възможност за обработване на насрещни отвори с високо изискване за точност за съосие, намаляват се производствените разходи и се повишава възможността за привличане на поръчки с по-висока добавена стойност. Това прави дружеството изключително конкурентоспособно и високопроизводително, като същевременно би му позволило да приема големи по обем поръчки за изпълнение в по-кратки срокове. За разлика, произвежданите от основните конкуренти изделия, които се изпълняват със стандартните конвенционални методи за механична обработка, не могат да постигнат изискванията за геометрична точност както и необходимата производителност.

Като слабости по отношение на произведените с помощта на новата технология корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции може да се посочи възможността за наличие на производствен дефект, породен от грешка при изпълнение на операцията или дефект в материала. Тези недостатъци могат да бъдат преодолени посредством създаването на конкретната и ясна маршрутна технология, обучение на операторите на машините, осъществяване на постоянен производствен контрол и наличието на CNC в оборудването, което гарантира максимална степен на цифровизация и прецизност на извършваните операции. За да не се допуска наличие на дефект в материала, същия се доставя само от проверени и утвърдени доставчици.

## СПИСЪК

**на творческия екип, разработил проект  
“Разработка и внедряване на нов технологичен подход при механична  
обработка на корпусни, едрогабаритни заварени метални конструкции,  
предназначени за корабостроенето и енергийния сектор – Корпус за корабен  
стабилизатор, Статорна кутия, Рама“**

**От ТМ Технолоджи АД-Русе (Партньор № 1)**

<b>1. инж. Росен Милков</b>
<b>2. д-р инж. Николай Николов</b>
<b>3. инж. Венцислав Стойчев</b>
<b>4. инж. Павлина Лазарова</b>

**Р-л на проекта:**

**/инж. Р. Милков/**

**От Русенски университет „Ангел Кънчев“ – Русе (Партньор № 2)**

<b>1. проф. д-р инж. Димитър Димитров</b>
<b>2. доц. д-р инж. Светлана Колева</b>
<b>3. доц. д-р инж. Данко Тонев</b>
<b>4. гл. ас. д-р инж. Николай Станков</b>
<b>5. гл. ас. д-р инж. Светлин Първанов</b>

**Р-л на научния колектив:**

**/проф. д-р инж. Димитров/**

Публикацията е направена във връзка с дейностите по изпълнение на проект BG16RFPR001-1.003-0464-C01 по Програма Конкурентоспособност и иновации в предприятията с бенефициент „ТМ-ТЕХНОЛОДЖИ“ АД

**ВНЕДРЯВАНЕ НА ИНОВАЦИЯ ОТ „ТМ-ТЕХНОЛОДЖИ“ АД**

Внедряване на иновации в бизнес процесите на компанията свързана с внедряване на иновативен подход при механичната обработка на изделията, която е насочена към производството на различни по вид корпусни, извънгабаритни елементи и заварени метали.