



## EXPERIENCE IN CREATING AN EXPERT SYSTEM FOR AUTOMATED SYNTHESIS DEPARTMENTS OF WORKSHOPS OF MACHINE BUILDING ENTERPRISES

Sergey Leonidovich Novokschenov (1), Svetlana Nikolaevna Yatsenko (1), Alexander Yurievich Boyko (1), Eduard Khanifovich Milushev (2).

1 Department of Automated Equipment for Engineering Production, Voronezh State Technical University, 394006, 84, 20 let Oktyabrya, Voronezh, Russia

2 Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University, 394006, 84, 20 let Oktyabrya, Voronezh, Russia

nsl79@yandex.ru

November 25-26, 2021

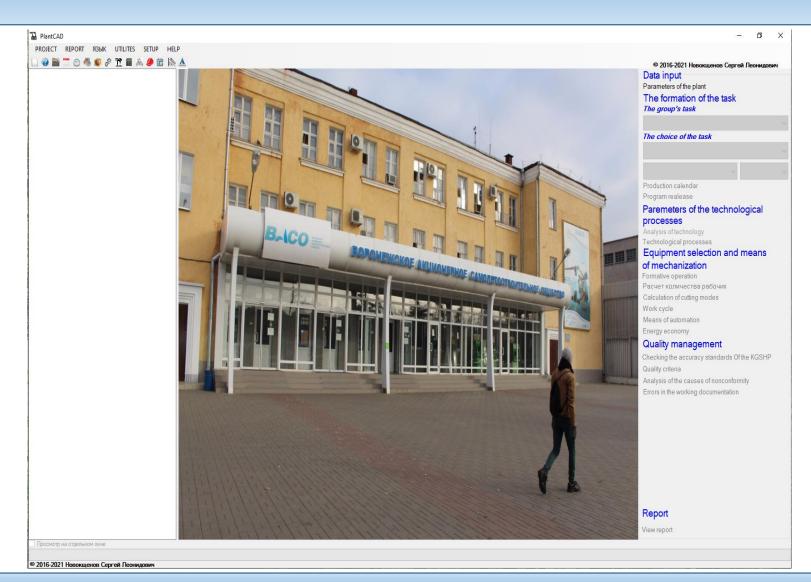




#### **1. Introduction**

Mechanical engineering is a promising industry today, which should become the basis for the revival of the economy. The main task of machine-building enterprises is the production of parts, assembly units of machines and mechanisms, considering the requirements for quality and specified deadlines for the manufacture of machines with minimal costs of materials, energy, and labor.

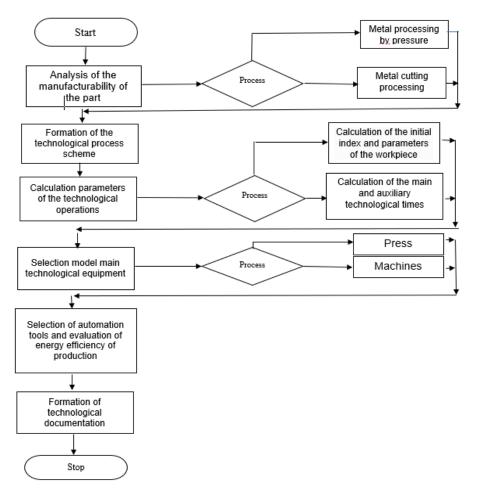
Based on the description, a description of the experience in developing and presenting specialized software designed to automate the selection of the main technological equipment and the design of workshops or sections at modern machine-building enterprises.







#### **1. Introduction**



## Main algorithm PlantCAD

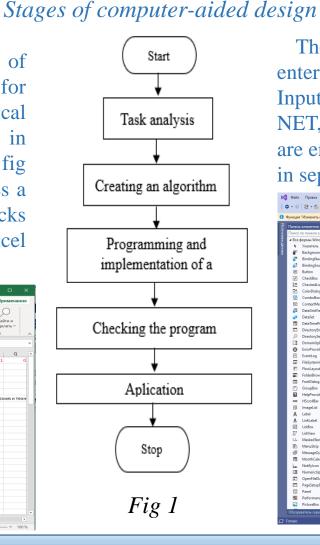




#### **2.** Purpose of the work

The development of the program modules of the PlantCAD program of functional blocks for the purpose of improving the technological preparation of production was carried out in accordance with the following algorithm (see fig 1) Each functional block of the program solves a specific local problem, data between the blocks are transmitted through the Microsoft Excel tabular process.

Фа	айл <mark>Глав</mark>	ная В	ставка	Разметка	страницы	Форму	лы Д	lанные	Рецензири	ование	Вид Разработ	чик Справк	a	±	Іоделиться		римечан	ия
[ 	Старить авить ✓ ✓	Calibri Ж К		<ul> <li>11 </li> <li>↓ △</li> <li>↓ △</li> </ul>					Общий 3∰ ∽ % оос	00. 0 <del>0</del>	🔛 Условное форм 1999 Форматировати 1999 Стили ячеек ~		🔠 Встави 💽 Удали 🛄 Форм	ть 👻 🚺	Сортиј	V ровка На ьтр ~ выдя		
þe	еробмена Ба		Шриф	т	rs.	Выравн	ивание	15	Число	5	Стил	и	Ячей	ки	Редакт	тирование		
12	5 ¥		~ £	500														
	A	в	с	D	Е	F	G	н	1		к	L	м	N	0	р	Q	
	25000	365	104	8	8.2	r 6	2		3 300	0.95			2 1		0	P 1	ų	0
t	250	53,88	41		0,2	0			5 500	0,55	~				-		-	Ť
t	СтЗ		6019,626		1						1							
t			,		-			Авиация	онный завод		1							
t	10	1273885			Параметр	ы заготовк	и		е самолёты		_							
t					диаметр	71,05			обок перед	ач и автом	атный цех							
	мостовой	0.00				148,5206					чным, инструмент	ально-штампо	вых цехов.	лаборатор	риям, конс	трукторс	ким и те	хн
	20	0,00			исходный	12							1					
		0,00			4,622473				1		Серийное		2 0					
t	10,250809	0,00			задача гру	1			2									
	3	0,00				41			1									
		0,00							1									
	2000,00	0,00																
	36,00	0,00							0		Диаметр	Длина	Высота	Ширина				
E	4,2								2		500	200	0	0				
ľ	0,12		1	2000	6E-07				1		Ī							
									1									
				станки		npecca			1									
ļ.		ложь	225	3	2000	2080	400		2									
Į.	2000		2000		2	2	2		2									
Į.									2									
Į.									2									
ł				0	0	1	C		2									
	1			0	0	1	0		3									
1	1					1	c	)	2									Þ
		Лист1	Лист2	Лист3							E 4							



The input module (the core of the program). It is intended for entering data about the object of research (the manufactured part). Input is carried out by standard objects that are part of the libraries NET, Framework-Textbox, ComboBox, ListBox, etc. Parameters are entered sequentially, depending on the selected design scenario in separate specialized dialog boxes.

• · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	борка Отладка Формат Тест Аналиа Средства Расширения Окно Справка Пенск (Ctrl+Q) / ОМП	G - a >
● - ●   🗟 - 🌰 🖴 🗳   🤊 - 🤆 -   Rele		🖄 Live Share 🖉
	тупна из-за внутренней ошибил. Показла трессировку стеха аптоилтизация про…ув (Конструктор) — 🗙 Вад и париметры…еской операции и Выбрать станок и СМП автоматизация пр…ак процессов 1 ив	Ф Обозреватель решений
Поиск по панели элементов 🛛 👂 -	PlankCAD	^ OOD # 6-20 # 6 0 / -
A Bce dopped Windows Forms		Обозреватель решений — поиск (Ctrl+:)
• Указатель	<u>Προεκτ</u> διλιει δηματική παγιλική παγιλική διατιλούματα διαδούματα διαδούμα Ο διαδούματα δ	Oodspesarens petternin — nowck (Ltn+;)
BackgroundWorker	🗌 🗋 😳 🚳 🕼 🖉 🕂 🏗 📾 🙏 🕮 🖎 📥 🖤 2016-2021 Новонщенов Сергей Песонценов	My Project
BindingNavigator	Ber	од дан 🔰 🖓 Ссылки
BindingSource		аметры I 👂 🚞 Resources
a Button	Φο	рмирс AboutBex1.vb
CheckBox		ava rps
CheckedListBox		M ApplicationEvents.vb
ColorDialog		op Bapi
ComboBax	Deb	Form17.vb
🖾 ContextMenuStrip		Form18.vb
DataGridView		Form19.vb
🚰 DataSet		Form20.vb
DateTimePicker		изводст FormS.vb
DirectoryEntry	Прог	грамма в PlantCAD-1.ico
DirectorySearcher		DAMETI Pressivb
DomainUpDown	npc	DUBCCE D SplashScreen2.vb
ErrorProvider		пиз техн 🕨 🖃 Stanok.vb
EventLog		юлогиче В автоматизация производственных процес
등 FileSystemWatcher	Bar	бор об
FlowLayoutPanel		Саниза Вара данных о детали ур
FolderBrowserDialog		МОИЗМЕН 👂 🖃 Вид и параметры технологической опера
FontDialog		нет коли
🗂 GroupBox		нет режи Обозреватель ре Изменения Git Team Explorer —
HelpProvider		тограмм Свойства - Ф.Х
as HScrollBar		дства ме
ImageList		
A Label	Me	неджи 📰 💱 🔁 🗲 🔎
A LinkLabel	Прог	верканс 🗆 Внешний вид
E ListBox	l Ver	BackColor Control Backgroundimage (отсутствует)
ListView		Backgroundimage (orcyrchiyer)
G. MaskedTextBox	🖺 MenuStrip1 F BackgroundWorker1 💿 Timer1 🖺 MenuStrip2 🚥 ToolStrip1 💿 Timer2 🗨 OpenFileDialog1	Cursor Default
E MenuStrip		E Font Microsoft Sans Serif; 8,25pt
MessageQueue		ForeColor ControlText
	Бывод	▼ ₽ × FormBorderStyle Fixed3D
	Показать выходные данные их: Отладка - 🛛 😓 🖕 🖆 🖕 🎬 🕅	RightToLeft No
III NumericUpDown	Bussano исклечение: "System.Exception" в Microsoft.VisualBasic.dll	RightToLeftLayout False
OpenFileDialog	Busmano wcxnewne: "System.Runtime.InteropServices.COMException" a mscorlib.dll Busmano wcxnewner: "System.Runtime.TeropServices.COMException" a mscorlib.dll	Text PlantCAD UseWaitCursor False
PageSetupDialog	Besseno wcknewene: "System. Kkeption" s Nicrosoft.VisualBasic.dll Besseno wcknewene: "System.Nutlen: Interosoft.visualBasic.dll	UseWatCursor False
III Panel	Bussawo wcknewenwe: "System.Exception" s Microsoft.VisualBasic.dll	ApplicationSetting()
S PerformanceCounter	Программя "[12720] PlantCAD.exe" завершилась с кодом -1 (0xfffffff).	- Text
PictureBox	<	<ul> <li>Текст, связанный с элементом управления.</li> </ul>
Обозреватель сервер Панель элементов	список ошибок Выкод	
Готово		† 0 ▲ 🖋 99* 🚸 OMEI ▲ 🖓 master ▲ 🦧





#### **2. Purpose of the work**

📢 Файл Правка Вид Git Проект	Сборна Отладка Формат Тест Аналис Средства Расширения Онно Справка Понтск (СМ-О) 👂 ОМП		🖲 – 6 X	📢 Файл Правка Вид Git Проект	Сборка Отлади	диа Тест Аналиа Средства Расширения Окно Справка Поисс (СиН-Q) Р ОМП	<b>3</b> - a
🕴 🖸 - 🔘 📓 - 🏠 🔛 🔐 🕈 🖓 - 🤆 - 🛛 R	Nelesse • x66 • ▶ Nyαx • &   ■   □ <sub>2</sub> <sup>2</sup> <sup>2</sup> +   □ ≠ □ □ + ⊥   ⊨ Ι Ξ <sup>2</sup> <sup>2</sup> □   □ ≠   <i>□</i> <sup>2</sup> <sup>2</sup> <sub>2</sub>		🖄 Live Share 🖉	8 - 0   🕅 - 🏠 🔛 🖓   🤊 - 🤆 -	Release • x86	• ▶ Dyce • 🗄 🗮 🙆 🚎 🔚 🛱 🗏 🧐 📕 🐄 🦄 📮	ピ Live Share
Функция "Изменить и продолжить" сейчас нед	арступна из-за внутренней ошибки. Показать трассировку стека		x	Функция "Изменить и продолжить" сейчас н	недоступна из-за вну	утрежней ошибки. Показать трассировку стека	
ранель элементов 🔹 🖣 🗙	автомативация проню [Конструктор] 👎 🗙 Вид и параметрыеской операциихию Выбрать станокию ОМП автомативация прых процессов 1/ию	₹ ♦ 06	бозреватель решений 🔹 🖣 🗙 💡	5 Панель элементов 🔹 🕂 🕮	🗙 автоматизация	я про…ию (Конструктор) 🕴 Вид и параметры…еской операцикию 🛛 Выбрать станокию 🛛 ОМП 🛛 автоматизация п <u>р…ак процессов 1ию 😞 🗙</u>	Ф Обозреватель решений
Поиск по панели элементов 🖉 -	PlantCAD	<b>^</b> 0	) O 🕼 🗐 To - 🞜 C 🕫 🔯 🗸 🖉 🖷	Поиск по панели элементов 🔎	- 📧 ОМП	- 🔩 Form22 - 🗣 Language	· ÷ O O A # O · 2 C # @ O / -
A Bce фopwer Windows Forms	ПРОЕКТ ОТЧЕТ LANGUAGE ХТИЛИТЫ НАСТРОЙКА СПРАВКА		бозреватель решений — поиск (Ctrl+;)	4 Общие	10	CENTOR: 2 IPublic Class Form22	Обозреватель решений — поиск (Ctrl+;)
<ul> <li>Указатель</li> <li>Ваского und Worker</li> </ul>	🗋 🖓 🎬 🚍 🗞 🐗 🥐 🐮 🖩 🛦 🧶 🗟 🕅 🛦	4	10 OMN * 3	В этой группе нет элементов управления.		Inherits System.Windows.Form	▲ 10 OMΠ
BindingNavigator		Ввод дан	My Project	<ul> <li>Перетащите элемент в эту область,</li> </ul>	12		My Project Му Ссылки
BindingSource		Параметры і	Resources	чтобы добавить его в панель элементов.	13	Friend Language As String	Resources
Button		<b>o</b> opminpe	AboutBox1.vb		14	Dim Slchislo, k99, k0, k1, k2, k3, k4, k5, k6, k7, k8, k9, k10, k11, k12, k13, k14, k15, k16, k17, k18, k19, k20, k21, k	(22, k23. )  AboutBox1.vb
CheckBox		Задача гру	app.config     ApplicationEvents.vb		15	Dim Exc As Object	P app.config VB ApplicationEvents.vb
E CheckedListBox			D bltinmic.ico		16	Dim Flag As Boolean Dim Proc() As Process	ApplicationEvents.vb     Diffinition
ColorDialog			calcvb		1/	Dim Path, ModuleName, ProcName, rs11, rs10 As String	i ⊂ calc.vb
ComboBax			<ul> <li>Form17.vb</li> <li>Form18.vb</li> </ul>		19	Dim Number(20) As Integer	<ul> <li>Form17.vb</li> </ul>
ContextMenuStrip DataGridView			<ul> <li>Form18.vb</li> <li>Form19.vb</li> </ul>		20	Dim TypeOfUser As Integer	▶
DataSet			▶		21	Dim s1, L1, n1, i1, s2, L2, n2, i2, s3, L3, n3, i3, s4, L4, n4, i4, s5, L5, n5, i5, s6, L6, n6, i6, s7, L7, n7, i7, s8,	L8, n8, ) Torm 19.vb
DateTimePicker		производст	<ul> <li>Form3.vb</li> <li>Form5.vb</li> </ul>		22		Form3.vb
💭 DirectoryEntry		Программа в	PlantCAD-1.ico			Comore 0	Form5.vb
DirectorySearcher			▶		23	Private Sub ΒωάτκΤοοlStripMenuItem_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles ΒωάτκΤοοlStripMenuItem.Click Dim process() As Process = System.Diagnostics.Process.GetProcessesByName("PlantCAD")	PlantCAD-1.ico  Press.vb
DomainUpDown			SplashScreen2.vb		24	Dim process() AS Process = System.Diagnostics.Process.GetProcesseSyname( PlantcAD )	<ul> <li>Press/b</li> <li>SplashScreen2.vb</li> </ul>
S ErrorProvider			<ul> <li>Stanok.vb</li> <li>автоматизация производственных процес</li> </ul>		25	Select Case Language	▶
EventLog			<ul> <li>автоматизация производственных процес</li> <li>Анализ технологичности АО.vb</li> </ul>		20	Case "Eng" : Dim dr As DialogResult = MsgBox("Want to log out?",	автоматизация производственных процес
FileSystemWatcher		DBIOOD OC	Анализ технологичности ОД.vb		28	MsgBoxStyle.YesNo Or MsgBoxStyle.Question,	<ul> <li>ПАнализ технологичности АО.vb</li> <li>Анализ технологичности ОД.vb</li> </ul>
FlowLayoutPanel     FolderBrowserDialog		<b>*</b>	Ввод данных о детали.vb		29	"PlantCAD")	<ul> <li>нализ технологичности одло</li> <li>Ввод данных о детали,уb</li> </ul>
FontDialog		Расчет коли	Вид и параметры технологической опера —		30	E Select Case dr	<ul> <li>Вид и параметры технологической опера "</li> </ul>
[ <sup>177</sup> ] GroupBox		Расчет режи	бозреватель pe Изменения Git Team Explorer —		31	Case DialogResult.Yes	
HelpProvider		Циклограмм			32	SplashScreen2.Close()	Обозреватель ре Изменения Git Team Explorer —
HScrollBar		оредстване	ойства • 9 × ита22 System.Windows.Forms.Form •		33	<pre>Exc = CreateObject("Excel.Application")</pre>	Свойства — 👎 🗙
ImageList		onoprennise			34	Exc.Application.DisplayAlerts = False Exc.UserControl = True	
A Label			₽ <b>0 </b> <i>F P</i>		35	Exc.UserControl = Inde Exc.Quit()	Ⅲ 및↓ <i>▶</i>
A LinkLabel		проверканс	Внешний вид A BackColor Control		37	Exc.quit()	
E ListBox			BackColor Control Backgroundimage (отсутствует)		38	Excel close()	
ListView (.) MaskedTextBox			BackgroundimageLayout Tile		39	- W	
En MenuStrip	🖻 MenuStrip1 🗬 BackgroundWorker1 🕐 Timer1 💿 MenuStrip2 🔤 ToolStrip1 🕐 Timer2 🗖 OpenFileDialog1		Cursor Default		40	For Each p As Process In process	
MessageQueue			Font Microsoft Sans Serif; 8,25pt ForeColor ControlText		41	p.Kill()	*
MonthCalendar	Burg		ForeColor ControlText FormBorderStyle Fixed3D		121 % 🔹 🗧	© Проблемы не найдены.	ибелы CRLF
Notifylcon	Показать выходные данные из: Отладка - 😌 😂 🛎 🛅 💱		RightToLeft No		Вывод		- # x
B NumericUpDown	Bussano wcknywerwe: "System.Exception" a Nicrosoft.VisualBasic.dll	A	RightToLeftLayout False		Показать выхо,	одные данные из: Отладка · 🖳 🖆 🖆 🖆	
OpenFileDialog	Bussaho wcknowenwe: "System.Runtime.InteropServices.COMException" a mscorlib.dll		Text PlantCAD			ключение: "System.Exception" в Microsoft.VisualBasic.dll	A
PageSetupDialog	Busmano wcknowenwe: "System.Exception" m Microsoft.VisualBasic.dll Busmano wcknowenwe: "System.Runtime.InterooServices.COMException" m mscorlib.dll		UseWaitCursor False Данные			xxmoverwe: "System.Runtime.InteropServices.COMException" a mscorlib.dll xxmoverwe: "System.Exception" a Nicrosoft.VisualBasic.dll	
Panel	Bussano wcknowenwe: "System.Exception" & Microsoft.VisualBasic.dll		(AnnlicationSettings)		Вызвано иск.	жиючение: "System.Runtime.InteropServices.COMException" в mscorlib.dll	
PerformanceCounter	Программа "[12720] PlantCAD.exe" завершилась с кодом -1 (0xfffffff).		ext 40			ключение: "System.Exception" в Microsoft.VisualBasic.dll "[12720] PlantCAD.exe" завершилась с кодом -1 (@xffffffff).	4
PictureBox v	<	> Te	кст, связанный с элементом управления.		программа	(zerzej rzeniczewiewie o kuguw z (DATTTTTTT).	· ·
Обозреватель сервер Панель элементов	Список ошибок Выяод			04	-		
П Готово		Ŷ	0 🔺 🖋 99* 🚸 ОМП 🔺 🌱 master 🔺 🍓	Обозреватель сервер Панель элементо	ов Список ошибо	CK BEEGA	
-							

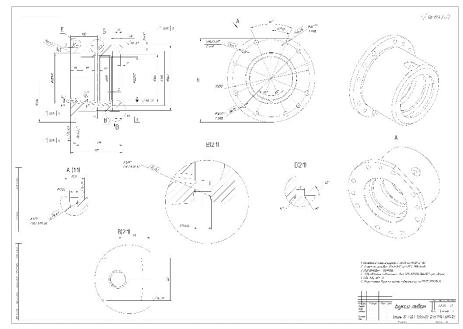




**3. Results of the study** 

At the beginning of the design, we have a minimum amount of initial data:

- 1) Detail drawing;
- 2) Part weight;
- 3) Material.



And after the final development of its design, the technologist or designer has a question: on the machine of which model is it most rational to perform its processing?

1) On this ?



2) Or on this ?



3) Or on this ?









**3. Results of the study** 

The traditional approach to technological preparation of production is based on the use of a huge number of specialized programs. The use of these systems is associated with great labor intensity and waiting for the result will take considerable time.

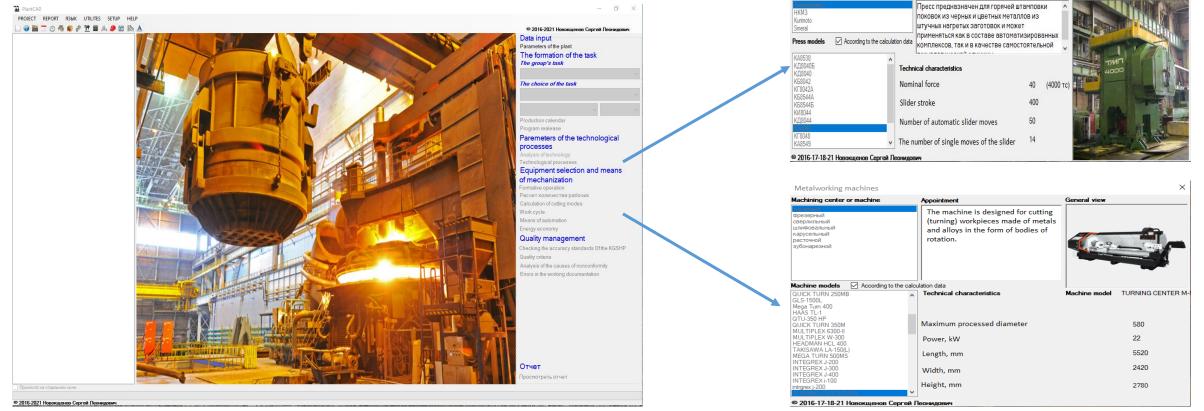






**3. Results of the study** 

The proposed system will allow you to estimate the costs associated with the selection of equipment and its placement in the production center.







4. Solving problems for related training profiles. Materials Science

$$L = L_0 + L_1 + L_2 \qquad K_{\rm KP} = \frac{N_J \times i \times t_F}{F_e \times 60}$$

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i \qquad K_Z = \frac{O_{SR}}{G_m}$$

$$R_{TO} = \frac{n_f}{K_{MO}} \cdot m \cdot (1 + K_S) \qquad K_Z = \frac{G_{SR}}{G_m}$$

$$M = \frac{O_g \cdot K_H}{P_e \cdot C_P \cdot (365 - A_{NP})^2} \qquad P_e = P_T \cdot K_Z \cdot K_V \qquad K_V = \frac{T_P}{T_N}$$

The relative simplicity of the applied methods and formulas allows us to obtain a fairly accurate forecast.





5. Program operation experience

The purpose of the system development is to accelerate the technological preparation of production by automating most processes, including the selection of the main technological equipment.

The work is based on the calculation of the main technological time in the case of the analysis of metal cutting processes and the determination of the press force by the forging mass. At the same time, modern database technologies are used, which is based on the selection and analysis of the target function.

Mechanical press	25			
Manufacturer company	Appoin	tment		General view
HKM3 Kurimoto Smeral		The press is designed for hot forgings from ferrous and no metals from piece heated bla	n-ferrous	
Press models 🛛 🛛 A	ccording to the calculation data	can be used both as part of a		
КА8538 КД8040Б КД8040 КБ8042 КГ8042А КБ8544А КБ8544Б КИ8044 КД8044	Nomi Slide	Loomplexes and as an indeper <b>ical characteristics</b> nal force r stroke per of automatic slider moves	40 (4000 тс) 400 50	
КГ8048 КА8549	✓ The n	umber of single moves of the slider	14	





 $\times$ 

5. Program operation experience

The purpose of the system development is to accelerate the technological preparation of production by automating most processes, including the selection of the main technological equipment.

Upon completion of calculations in this program, we will receive the following data:

- 1) the most efficient technological equipment;
- 2) expected equipment commissioning costs;
- 3) the number of workers;
- 4) cycloramas of automated complexes, etc.

#### Metalworking machines

Machining center or machine	Appointment	General view	
Кикармый фрезерный сверлильный шлифовальный карусельный расточной зубонарезной	The machine is designed for cutting (turning) workpieces made of metals and alloys in the form of bodies of rotation.		
Machine models According to the calcul QUICK TURN 250MB	lation data Technical characteristics	Machine model	TURNING CENTER M-
GLS-1500L Mega Tum 400 HAAS TL-1 QTU-350 HP QUICK TURN 350M MULTIPLEX 6300-II MULTIPLEX W-300 HEADMAN HCL 400 TAKISAWA LA-150(L) MEGA TURN 500MS INTEGREX J-200 INTEGREX J-200 INTEGREX J-400 INTEGREX j-200 TURNING CENTER M-5	Maximum processed diameter Power, kW Length, mm Width, mm Height, mm		580 22 5520 2420 2780

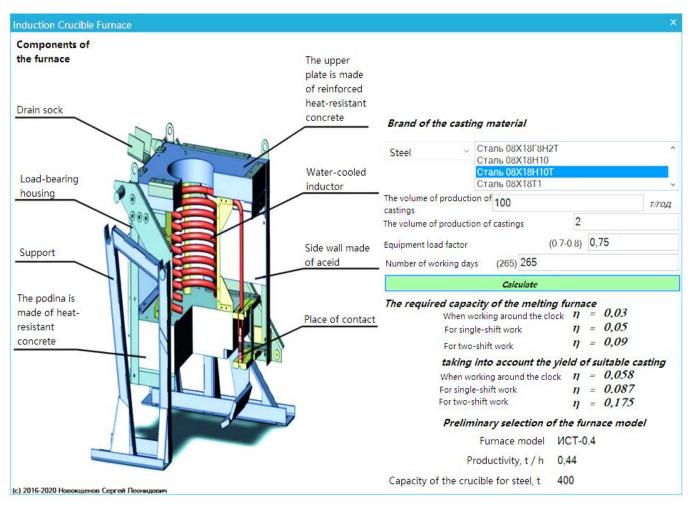




#### 5. Program operation experience

The technology of mechanical engineering for the rational manufacture of parts of mechanisms and machines uses the knowledge and experience of related areas and professional training. When designing, knowledge about the physical and chemical properties of metals and alloys is important, which, under certain conditions, will significantly increase the service life of mechanisms and machines and significantly reduce material consumption [8, 9]. This section is also present in the PlantCAD software package and so far allows solving the following tasks:

- 1) calculation of the induction crucible furnace;
- 2) calculation of the furnace performance;
- 3) calculation of the furnace for heat treatment of parts;
- 4) calculation of centrifugal machines and etc.



Dialog of the module "Induction crucible furnace"





**6.** Conclusions

The main result of this work was the creation of a new class of software that allows you to make the right decision when designing a technological process or upgrading an existing one.

The applied modular approach in the structure of the developed software package will allow us to improve its functionality flexibly and quickly in the future.





# Thank you!

Contacts: E-mail nsl79@yandex.ru Phone +7 4732 246-19-77