**Міністерство Освіти України**

**Український Державний Морський Технічний Університет**

# Кафедра сучасних мов

## Реферат

з прочитаною німецькою мовою літератури за спеціальностью 050805 “Суднові енергетичні установки”

по темі “Підвищення ефективності процесу згорання шляхом оптимізації роботи двигуна на паливі широкого фракційного складу”

# Науковий керівник

Тимошевський Б.Г.

Аспірант:

Нейман О.А.

Викладач:

Єганова Л.Л.

**Миколаїв 2002г.**

Содержание

Die wissenschaftliche Arbeit 3

Der kleine MaK-SchweröImotor M 332 C. 5

Малый двигатель MaK М332 C на тяжелом топливе. 13

Das Wörterbuch 23

Литература 27

# **Die wissenschaftliche Arbeit**

 Seit 2001 studiere ich in der Aspirantur, nachdem ich die Aufnahmeprüfung im Spezialfach in der (Fremdsprache und Philosophie) abgelegt habe.

Der WissenschaftlicheRat hat das Dissertationsthema: ”Die Erhöhung der Effektivität des Verbrennprozesses durch die Optimisation des Motorbetriebs mit Treibstoff von der breiten Fraktionzusammensetzung” bestätigt.

Ich besuche Lehrgänge in einer Fremdsprache und Philosophie, und sammele auch das wissenschafliche Material.

Mein wissenschaftlicher Betreuer ist der Leiter des Lehrstuhls für Schiffverbrennungsmotore Professor Timoschewskij B.G..

Der Zweck meiner wissenschaftlichen Arbeit besteht im ausführlichen Studium des Prozeßes der Verbrennung im Diselmotor und in der Bestimmung der optimalen Parameter für den Brennstoff mit der breiten Fraktionzusammensetzung. Diese Aufgabe lösen viele Konstruktionsbüros im weltumfassenden Maschinenbau. Man braucht einen Motor mit guten leistungsfähigen und ökonomischen Kennziffern auf Kosten von Optimierung nicht der Bauteile des Motores, sondern seiner Prozeβe. Das Studium des Prozeßes der Verbrennung in den Diselmotoren für Treibstoff von der breiten Fraktionzusammensetzung ermöglicht, die optimale Zusammensetzung der Mischung zu bestimmen.

Diese Arbeit ist auf die Bestimmung des mathematischen Modells des Prozeßes der Verbrennung und die Methodik der Rechnung für den Brennstoff der breiten Fraktionzusammensetzung gerichtet. Nach dem Erhalten der Methodik prüft man sie auf dem speziell entwickelten Stand. Er stellt einen Motor mit der zu ihm angeschlossenen Apparatur für die Abnahme der Anzeigekennziffern von der Ecke der Wendung des Kurbelwalles, solcher wie der Druck und die Temperatur dar.Für meine Versuch möchte ich den Diselmotor 6ЧН 12/14 und die Diagnostikaparatur “Sapphir” ausnutzen. Die Elektronenrechenmaschine wird die Ergebnisse fixieren und bearbeiten. Das Zusammenfallen der experimentalen Kennziffern mit den Kennziffern, die bei der Rechnung nach der Methodik bekommen sind, werden die Bestätigung .

In meiner wissenschaftlichen Arbeit bemühe ich mich , die Möglichkeiten für die Forschung auf diesem Gebiet am breitesten zu benutzen. Es wird die Literatur der zahlreichen Methodiken über das Thema der Optimierung der Prozeße der Arbeit des Motores durchstudiert, es geht die Suche nach der neuen Artikeln und der Publikationen im Iternet, es werden verschiedene mathematische Modelle studiert.

Die Ganze wissenschaftliche Literatur, auf die ich mich in der eigenen Arbeit stütze, gehört im Grunde der fundamentalen Literatur . Und nur ein kleiner Teil beschreibt die neuen Erarbeitungen auf dem Gebiet des Diselmotorenbaus.

Dank des Studiums der Fremdsprache im Programm der Vorbereitung der Aspiranten , kann man in einer Reihe von den ausländischen Publikationen die fehlende Information finden. Besonders helfen die Kenntnisse der Sprachen bei der Arbeit in dem Internet.

Der deutsche Motorenbau ist gegenwärtig ein anerkannter weltumfassender Führer . Die führenden deutschen Hersteller der Diselmotoren verbrauchen Millionen DM für die Forschung der Motoren. Deshalb ist die Literatur der deutschen wissenschaftlichen Verlage am heutigen Tag jener Grund auf dem zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten vieler Gelehrten gebaut werden.

 Ich hoffe , daß die Kenntnisse, die ich bei dem Studium der deutschen Sprache erwerben hat, in der Suche nach den Quellen für meine Arbeit wesentlich helfen werden. Sowie für den möglichen Austausch von der Erfahrung mit den ausländischen Kollegen mit Hilfe der Korrespondenz.

# Der kleine MaK-SchweröImotor M 332 C.

Die Krupp MaK-Bauserie M 332 blickt auf eine längere Entwicklungsgeschichte zurück. Sie entstand Mitte der 70er Jahre als Lang­hubversion der Krupp MaK-Bauserie M 282 und übernahm gleichzeitig den Erfahrungs­stand der damals auslaufenden Bauserie M 351.

Die Bauserie M 332 konnte sich in all den Jahren in dem wichtigen Drehzahlbereich 720-900 U/min gut konsolidieren und läuft in großen Stückgutzahlen sowohl im Schiffs­hauptantrieb als auch im stationären bzw. bordgebundenen Generatorantrieb.

Entsprechend der Zielsetzung des Krupp MaK-C-Motorenkonzeptes wurde die M 332-Bauserie komplett überarbeitet und auf einen neuen technischen Stand gebracht.

Das Ergebnis sind 6- und 8-Zylinder-Schwerölmotoren im Leistungsbereich 1000-1600 kW, die in jeder Beziehung auf geringsten Finanzmittelverbrauch optimiert sind.

1. Konzept

Krupp Mak hat durch eine schwerölgerech­te Brennraumgestaltung — in Verbindung mit einer optimal angepaßten Einspritzung — ein Brenngesetz erreicht, das der sogenannten Gleichdruckverbrennung des idealen Diesel­prozesses sehr nahe kommt. Die weitgehende Annäherung an den Gleichdruckprozeß be­deutet für den Dieselmotor den besten ther-modynamischen Wirkungsgrad bei gleichzei­tig niedrigster Bauteilbelastung durch Zünd­druck. Durch eine Vielzahl von Kreisprozeß­rechnungen war es möglich, die Verbren­nungsparameter auf dieses Ziel auszurichten. Der Erfolg wurde in der Praxis nachgewiesen.

Trotz des hohen thermodynamischen Wir­kungsgrades konnte der Zünddruck des Mo­tors in abgesicherten Grenzen gehalten wer­den. Auch die Erregung für diverse Schwin­gungen und Vibrationen konnte verringert werden.

Der Verbrennungsablauf ist aufgrund der geringen Druckanstiegsgeschwindigkeit von ca. 3 bar/Grad Kurbelwinkel weicher geworden.

Nachteile dieses weichen Verbrennungs­verfahrens haben sich in der Praxis nicht erge­ben. Im Gegenteil, der geringe Kraftstoffver­brauch in Verbindung mit der sehr sauberen Verbrennung wird belohnt durch rauchfreien Auspuff und geringe Schmierölverschmut­zung.

2. Grundlage

Der Pionier dieses Entwicklungskonzeptes ist der M 453 C, der 1987 in den Markt einge­führt wurde und seitdem in Schiffahrt und stationärem Betrieb arbeitet. Insgesamt konnten von diesem Motor bereits über 100 Maschinen verkauft werden. Zeitlich gestaffelt wurde der M 552 C nach den gleichen Gesetzmäßigkei­ten umkonstruiert und erwies sich schon im frühen Versuchsstadium in seinen Reaktio­nen im Verbrennungsablauf, den Druckan­stiegsgeschwindigkeiten und in der Abgas­qualität dem M 453 C als sehr ähnlich. Im Zuge der Weiterentwicklung wurden deshalb alle Erkenntnisse auf den M 332 C über­tragen.

3. Verbrennung

Da der M 332 C-Motor über einen Zylin­derkopf mit zwei tangential einblasenden Ein­laßkanälen verfügt, konnte ein definierter Luftdrall ohne schädliche innere Turbulenzen während der Einspritzung und Verbrennung abgestimmt werden.

Da der M 332-Motor mit 240 Kolbendurch­messer der kleinste und somit kostengünstig­ste Motor in der Familie der Krupp MaK-Mo-toren ist, wurden an diesem Motor die mei­sten Grundsatzuntersuchungen für die Wei­terentwicklung der Brennraumgestaltung, der Einspritzung, der Schwerölverbrennung sowie der Aufladung vorgenommen.

Die Realisierungskonzepte der Gleich­druckverbrennung sollen hier nicht veröffent­licht werden; sie können bei erfolg­ter Abstimmung des Motors und Optimierung der Motorenparameter praktisch kaum ver­ändert werden. Sie müssen somit vom Betrei­ber auch nicht gepflegt werden, denn die Grenzbereiche im Betriebsverhalten wurden sorgfältig analysiert. Eigens zu diesem Zweck wurden Versuchs­einrichtungen mit mechanisch sowie elektro­nisch verstellbaren Einspritzausrüstungen, mit elektronisch gesteuerten Druckspeicher­einspritzungen, mit extrem verstellbaren Ab­gasrohrgeometrien, mit variablen Turbinen­eintritten, mit Abblase- und Umblaseventi­len, mit teilweise isolierten Kolben und teil­weise extrem gekühlten Brennraumteilen ent­wickelt und in den Versuchsmotoren ge­fahren.

Zusätzlich wurden Meßreihen mit verschie­denen Brennräumen, Zylinderköpfen mit va­riablem Drall und natürlich eine große An­zahl Düsenvarianten gefahren, um das jewei­lige Optimum abzutasten und um ein breit­mögliches Optimum im Zusammenwirken der Einzelkomponente für die endgültige Se­rienausführung zu erarbeiten.

Da der Motor M 332 gleichzeitig über einen langen Kolbenhub verfügt, wurden grund­sätzliche Parameterstudien in Abhängigkeit von Brennraumhöhe und Verdichtungsver­hältnis gefahren.

Das Optimum aus Brennraumform und Verdichtungsverhältnis zu ertasten, stellt eine kostenintensive, aber thermodynamisch lohnende Arbeit dar. Dabei wurde besonders darauf geachtet, daß jedwedes Überspritzen des Kraftstoffes über den Kolbenrand auch bei Einspritzende vermieden wird. Die Ver­suche hatten wieder bestätigt, daß für einen sauberen Kolbenlauf im Feuersteg- und Ring­bereich eine vollständige Abschirmung si­chergestellt sein muß.

4. Kolben

Der Kolben wurde in seinem Brennraum- und Kolbenringbereich modifi­ziert, besteht aber nach wie vor aus einem Stahloberteil und einem Aluminiumunterteil. Der Kolbenkopf wird intensiv stark gekühlt; eigens zu diesem Zweck wurden die Ölwege im Motor — beginnend mit der Verteilerlei­tung über die Grundlageranschlüsse, Nuten­wege in Lagerschalen, Bohrungen und Über­tritten bis hin zum Kolbenbolzen — mittels größerer Querschnitte intensiv entdrosselt. Die Wirkung dieser Gesamtmaßnahme äu­ßert sich in der angehängten Schmierölpum­pe, deren Menge bei gleichem Druck um 30 % erhöht werden konnte.

Der Kolben erhält gehärtete Ringnuten. Obwohl nach langen Laufzeiten die Ringnu­ten durch Nachverchromen wieder auf Origi­nalmaß aufgearbeitet werden können (Krupp MaK hat beste Erfahrungen mit diesem Verfahren), gestatten die reichlich dimensionier­ten Ringsteghöhen auch die Möglichkeit, Übermaßringe zu verwenden.

Des weiteren sind die Abmessungen von Kolbenringen und Ringstegen auf stabiles Druckverhalten im Ringpaket für den Neu-und den Verschleißzustand abgestimmt wor­den. Es ist bekannt, daß hier eine der wesent­lichsten Ursachen für den Schmierölver­brauch liegt, und daß Druckverlaufsmessun­gen hinter den einzelnen Ringen unverzicht­bar für die fachgerechte Abstimmung sind.

5. Zylinderkopf

Der Brennraumbereich des Zylinderkopfes wurde nach C-Erkenntnissen modifiziert und im konstruktiven und modelltechnischen Aufbau überarbeitet. Das Lastenheft sah eine Umstellung auf Sphäroguß GGG 60 — in Ver­bindung mit einer gießgerechten Umgestal­tung vor. Bei dieser Gelegenheit wurden die Kühlwasserumgüsse im Bereich der Ven­tilsitzringe, aber auch im Bereich der Ventil­führungsbuchsen, für geringste Warmverfor­mung umgestaltet, um eine bestmögliche An­passung der Ventilsitze bei Warm- und Kalt­verformung im Betrieb zu erhalten. Die Ven­tile wurden aus der direkten Beheizung durch die Kraftstoffkeulen nach oben in den Bereich des Deckelbodens verlegt; ein Verfahren, das auch beim M 453 C und M 552 C Temperatur­absenkungen von 40°C am Ventil bewirkte. Die Dichtringe sind aus einem eindringfesten, aber bedingt verschleißbereitem Material ge­fertigt, welches einen guten Anpassungsver­schleiß zum Ventil und besten Wärmedurch­gang garantiert. Für eine gute Formbestän­digkeit der Ventile sorgen „unten liegende" Krupp MaK-Drehvorrichtungen, deren Lage unter den Ventilfedern einen vibrationsar­men, störungsfreien Lauf sicherstellen.

Das C-Konzept beinhaltet generell eine tiefgreifende Überarbeitung der Wartungs­freundlichkeit. Dazu gehören Steckverbin­dungen und gut zugängliche, leicht lösbare Verschlüsse. Die Zugänglichkeit zu den vier Schrauben der Abgasrohrflansche würde deshalb durch Umkonstruktion der Abgas­rohrverkleidung verbessert. Im übrigen sind alle Schrauben, einschließlich Pleuel und Zy-linderkopfschrauben, auf einfachste Weise mechanisch montierbar; zeitaufwendige Hy­draulikmontagen können dank des 8-Schrau-ben-Zylinderkopfes vermieden werden. Alle Rohrleitungen, die die Montage des Zylinder­kopfes stören, sind in verfügbare Freiräume verlegt worden.

6. Kastengestell

Das Material im Gestellbereich des Motors M 332 C ist von Grauguß auf Sphäroguß um­gestellt worden. Diese Maßnahme erhöht die Betriebsfestigkeit des Bauteils auf das dreifache gegenüber Grauguß und reduziert die Sprödbrüchigkeit des Graugusses um den Faktor 10. Durch den Einsatz von Sphäroguß im Bereich hochbelasteter Bauteile wird die Lebensdauer des Motors wesentlich verlän­gert. Dies führt u. a. auch zu besseren Wie­derverkaufswerten bei SecondhandSchiffen. Das Kastengestell ist für eine stabile, radia­le Führung der Laufbuchse im oberen Bund­bereich bei gleichzeitiger intensiver Kühlung dieser Partie neukonstruiert worden.

7. Kurbelwelle

Die Kurbelwelle ist gesenkgeschmiedet aus einem hochwertigen Vergütungsstahl. Die Abmessungen wurden — entsprechend den neuen Richtlinien der Klassifikationsgesell­schaften — überarbeitet. Zum Schutz vor ho­hen Lagerbelastungen wurde der volle Ge­gengewichtsbesatz vergrößert, Maßnahmen, die eine hohe Unempfindlichkeit gegen La­gerschäden garantieren. Die Verbesserung des Massenausgleiches reduziert zusätzlich die Krafteinleitungen im Bereich des Funda­mentes.

8. Pleuelstange

Das Pleuel wird übernommen; es hat sich in der Vergangenheit 100% bewährt, ist ein­fach und leicht zu handhaben. Zur Verbesse­rung des Haftsitzes der Lagerschalen und Kol­benbolzenbuchse hat Krupp MaK eine spe­zielle Oberflächenstruktur entwickelt.

9. Lagerschalen

Bei den Lagerschalen ist Zinngalvanik heu­te Stand der Technik. Die tückischen Begleit­erscheinungen der Korrosion in Bleigalvanik­lagern sind damit als Problemkreis ver­schwunden. Des weiteren hat die Verwen­dung von zusätzlichen und schwereren Ge­gengewichten die Reibarbeiten in Grundla­gern deutlich abgesenkt und die Betriebssi­cherheit der Kurbelwellenlagerung in einen Stand mit guten technischen Reserven ver­setzt. Besondere Freude bereiten in diesem Zusammenhang die Betriebserfahrungen mit den Rillenlagern, die offensichtlich eine zu­sätzliche Tragfähigkeit der Schmierfilme da­durch gewinnen, daß ihre Labyrinthdichtwir­kung die Schmierölverdrängung aus dem La­ger behindern. Die Ergebnisse sind hervorra­gend.

10. Laufbuchse

Wie bereits beim Kastengestell erwähnt, wird die Laufbuchse im oberen Bundbereich im Kastengestell geführt und intensiv mit Kühlwasser gekühlt. Die Führung der Buchse im Sphäroguß-Kastengestell ist viel unproble­matischer als im Grauguß. Zum einen sind die Verformungen im Sphäroguß um den Faktor 1,6 geringer, weil der E-Modul von GGG 50 soviel höher ist, zum anderen ist ein hoch­festes Sphärogußgestell mit seiner hohen Be­lastbarkeit eine bessere Stütze für die Lauf­buchse. Die Laufbuchse ist nitriergehärtet. Krupp MaK hat dieses Verfahren seit Jahr­zehnten in der Anwendung und es in Richtung auf größere Eindringtiefen weiterentwickelt.

Die homogene Härtung der Laufbuchse im Bereich des Kolbenringlaufes ohne jedwede Welligkeiten in der Folge von Teilhärtungen sichert den Ölverbrauch langfristig.

11. Einspritzung

Die zur Erzielung der Gleichdruckverbren­nung erforderlichen Einspritzgesetze werden vertraulich behandelt. Bezüglich der erfor­derlichen Maximalkräfte und momente ist wichtig zu sagen, daß der gesamte Antrieb für Ventile und Kraftstoffpumpe einschließlich Nocken und Rollenbelastung bis hin zu den Zahnrädern abgesichert wurde.

Die Zahnräder dieser Motorenbaureihe sind seit Anfang der 70er Jahre einsatzgehär­tet und geschliffen, und es hat seit der Zeit nicht einen einzigen Zahnradschaden ge­geben.

Heute gehört zu dem C-Konzept der Krupp MaK-Motoren immer ein gehärteter *Zahn­radantrieb.*

12. Abgasleitung

Die Motoren der Baureihe M 332 C werden mit der Stoßaufladung aufgeladen. Vollstän­digkeitshalber wurde auch hier eine Stau-Ab­gasleitung erprobt, die — wie bekannt — rechtgute Werte bei Vollast erzielt. Aber wegen der nahezu gleichhohen Drücke in Ladeluft­leitung und Abgasleitung reagiert der Spül­luftanteil sehr sensibel und unzulässig stark auf erhöhte Widerstände im Luft-Abgassy­stem oder auf geringe Wirkungsgradverluste bei Teillast. Selbst geringe Verschmutzungen der Luft und Abgaswege Ladeluftkühler, Turbinen- und Verdichterbereich sowie der Einbau eines Turbinenfanggitters führen zu einem starken Spüllufteinbruch und damit zu erhöhter thermischer Belastung.

Aus den Untersuchungen im Krupp MaK-Forschungsbereich mit variablen Abgasrohr­systemen und variablen Turbinenflächen ist ein 4-Strahl-Ejektor entwickelt worden. Die­ser 4-Strahl-Ejektor führt die Abgasimpulse einer 8 M 332 in idealer Weise so zusammen, daß keine Störwellen zu den jeweils spülen­den Nachbarzylindern zurücklaufen. In seiner Optimalabstimmung erzeugt der 4-Strahl-Ejektor sogar für die spülenden Zylinder ei­nen zusätzlichen Unterdruck, der bisher uner­reichbar hohe und gleichmäßige Spülgefälle an den Zylindern bewirkt.

Dieser Vorteil wirkt sich vor allem am Fest­propellerbetrieb positiv aus, weil das hohe Druckgefälle zwischen Ladeluft und Abgas-leitung überdurchschnittlich große Spülluft­durchsätze herbeiführt. Der Abstand zur Pumpgrenze des Verdichters bleibt deshalb auch im gedrückten Propellerbetrieb sicher erhalten.

Bei der Konstruktion der Abgasleitung ist die Anordnung so gewählt, daß keinerlei Ver­spannungen an den Abgasflanschen entste­hen. Die Kompensatoren sind gut zugänglich und die Abgasrohre sind so gestaltet, daß sie sowohl für den kupplungsseitigen als auch für den kupplungsgegenseitigen Turboladeran-bau passen.

Die Abgasrohrverkleidung ist vollkommen neu konstruiert und mit ihren Befestigungs­punkten nur mit Gestellteilen verbunden. Im Bereich des Zylinderkopfes sind nur wenige Handgriffe nötig, um einzelne Übergangs­bleche zu den Zylindern zu demontieren. Auf gute Zugänglichkeit zu den Schrauben am Zy­linderkopf ist besonders geachtet worden. Die Schrauben sind in bezug auf Flankenspiel und Werkstoff für Hochtemperaturbetrieb und Heißmontage besonders angepaßt. Wird der Zylinderkopf demontiert, so sorgen ge­eignete Abstützungen für eine sichere Positio­nierung der Abgasleitung und der Anschluß­flansche zum Zylinderkopf.

13. Aufladung

Eine wichtige Voraussetzung für den schiffsgerechten Schwerölbetrieb ist ein Turbolader,der schwerölfähig ist. In diesem Zusammenhang haben es sogenannte Radialla­der schwer, weil der Aufbau ihrer Turbine ei­nen Abgasstrom von außen nach innen, also gegen die Fliehkraft des rotierenden Turbi­nenlaufrades, erfordern. Folgt das Abgas auch noch willig dieser Richtung, so werden doch alle festen Verbrennungsrückstände in dem Moment nach außen zurückgeschleu­dert, wenn sie in den Schaufelbereich der Tur­bine gelangen. Diese zurückgeschleuderten Teile (sie werden durch den Abgasstrom ja immer wieder dem Laufrad zugeführt) erzeu­gen außen am Düsenring einen abrasiven Verschleiß, der die Standzeiten begrenzt. Turboladerhersteller und Motorenbauer lö­sen dieses Problem, jeder mit seinen Mitteln: Die Turboladerhersteller entwickeln ver­schleißfeste Düsenringe. Die ersten Langzeit­erprobungen mit verschleißfesten Düsenrin­gen über 4800 Stunden zeigen geringen Ver­schleiß. Die Krupp MaK leistete ihren Beitrag durch die Verminderung des Anteils fester Verbrennungsrückstände im Abgas durch die C-Motoren-Gleichdruckverbrennung (Non-Smoker).

Die Anpassung der Turboladerspezifika-tion erfolgte wie bei den anderen C-Motoren für ein optimales Zusammenspiel des Wir­kungsgrades im gebräuchlichen Betriebslast­bereich mit gleichzeitig starker „Büffelcha­rakteristik" im schwergängigen Propellerbe­trieb. Die großen Spülluftdurchsätze haben entscheidend dazu beigetragen, daß eine wei­te Öffnung des Betriebskennfeldes erreicht wurde. Selbst Propellerkurven von 130 % lau­fen noch einwandfrei an der Pumpgrenze vor­bei.

Zusammenfassung

Der Motor M 332 C setzt als robuste, kleine Schwerölmaschine mit starker Drehmomen-tencharakteristik die Reihe der Entwicklun­gen des Krupp MaK-C-Motorenprogrammes fort. Er faßt die Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung der Einspritzung, Verbren­nung und Aufladung ebenso zusammen wie die Erkenntnisse aus der Praxis der Schwer­ölverbrennung, der Betriebssicherheit und Wartungsfreundlichkeit sowie der Ver­brauchswerte und Standzeiten.

Da der Motor über einen recht langen Kol­benhub verfügt, konnten die Parameter Ver­dichtungsverhältnis, geschlossener Brenn­raum und Einspritzgesetz in einem breiten Optimum gehalten werden. Das Drehmo­mentverhalten ist — dank der modifizierten Aufladung — noch besser als im herkömmli­chen Stoßbetrieb.

Der geringe Anteil fester Verbrennungs­rückstände im Abgas kommt diversen Bau­teilen, wie Kolbenfeuersteg, Kolbenringen und Ventilen, der Sauberkeit des Schmieröles und der Schmierölfilter, dem Turbolader und dem Abgaskessel sowie den Menschen durch eine geringe Umweltbelastung zugute.

Besonderer Wert wurde auf Betriebssicher­heit und wartungsfreundliche kundengerech­te Ausführung gelegt. Dazu gehören jede standzeiterhöhende Maßnahme, die technisch abgesichert ist, sowie eine werk­zeuggerechte Konstruktion.

Mit den erreichten guten Verbrauchswer­ten aufgrund der guten Verbrennung, deren breites Optimum auch in Verschleißgrenzbe­reichen erhalten bleibt, wurde die Wirtschaft­lichkeit dieses Motors wesentlich gesteigert.

Damit stehen dem Leistungsbereich von 1000 bis 1600 kW im Drehzahlbereich von 720 bis 900 U/min hervorragende 6- und 8-Zylin-der-Schwerölmotoren für die 90er Jahre zur Verfügung.

# Малый двигатель MaK М332 C на тяжелом топливе.

Строительная серия Круп МАК М332 имеет длинную эволюционную историю. Она возникала в середине 70-х как вариант подъема Круп МАК строительной серии М282 и использовала опыт, тогда выпускающейся строительной серии М351.

Строительная серия М332 смогла хорошо консолидировать себя, в то время, в важном диапазоне частоты вращения 720-900 об./мин., и использована в большом объёме, как в главном приводе судна, так и в стационарном соответственно связанный приводным механизмом генератора.

Соответственно постановки цели Круп МАК-C строительная серия М332 переделывалась окончательно и приводилась на новое техническое состояние.

 Результатом являются 6-ти 8-ми цилиндровые двигатели на тяжелом топливе в рабочем диапазоне 1000-1600 kW, которые оптимизированы в каждом отношении на самое незначительное потребление финансовых средств.

1. План

Круп МАК с помощью правильной формы камеры сгорания для тяжелого топлива - в сочетании с оптимально настроенным впрыскиванием достигнул закон горения, который при постоянном давлении идеального процесса дизеля почти совпадает. Далеко идущее приближение в процесс постоянного давления значит для дизельного двигателя самый хороший термодинамический коэффициент полезного действия при одновременно самой низкой нагрузке элемента конструкции максимальным давлением цикла. С помощью множество районных просчетов процесса это было возможно выравнивать параметры сгорания для этой цели. Успех подтвердился в практике.

Вопреки высокому термодинамическому коэффициенту полезного действия можно держать максимальное давление цикла двигателя в застрахованных границах. Также возбуждение для различных колебаний и вибраций может уменьшаться.

Протекание процесса горения стало более мягким на основе незначительной скорости повышения давления около 3 бар/ угол поворота коленчатого вала.

Недостатки этого мягкого процесса сгорания не отразились в практике. Наоборот, незначительный расход топлива в сочетании с бездымным сгоранием вознаграждается бездымным выпуском и незначительным загрязнением смазочных масел.

1. Основа

Пионер этого плана развития является М453 C, который вводился в 1987 в рынок и работает с тех пор в судоходстве и стационарном режиме. Всего могло продаваться с этим двигателем около 100 машин. Выпущенный позже М552 C конструировался по таким же закономерностям и уже в ранней стадии опыта, реакции протекания процесса горения, скорости повышения давления и по качеству выхлопа М453 C, оказался похожим. В ходе модернизации все познания на М332 C переносились.

1. Сгорание

Так как М332С дизель головка цилиндра имеет крышку цилиндра с двумя тангенциальными впускными каналами, можно настраивать определенное завихрение воздуха без вредных внутренних турбулентностей во время впрыскивания и сгорания. Так как М332 является самым маленьким с 240 диаметром поршня и таким образом самый мало затратный двигатель в семействе Круп МАК, в этом двигателе производились наибольшие испытания для модернизации формы камеры сгорания, распыла, сгорания тяжелых фракций нефти, а также наддува.

Планы реализации сгорания при постоянном давлении не должны опубликовываться здесь; едва ли они могут изменяться при последовавшем согласовании двигателя и оптимизации параметров двигателя на практике. Они не должны таким образом заботить производителя, так как пограничные области характеристик производства анализировались тщательно.

Собственно для этой цели разработали направления испытаний, как с механическим, так и с электронным регулированием оборудования впрыска, с электронным управлением впрыска высокого давления с предельным регулированием размеров коллектора, с переменными входами в турбину, с впускными и выпускными клапанами, с частично изолированными поршнями и частичные предельно охлажденной камеры сгорания, и провели испытания двигателя.

Дополнительно серии измерений с различными камерами сгорания, крышек цилиндров с переменным завихрением и большим числом форсунок, чтобы найти соответствующий оптимум и чтобы универсальный оптимум взаимодействии отдельного компонента для окончательного производства серии.

Так как двигатель М332 располагает длинным синхронным ходом поршня, провели исследования параметров высоты камеры сгорания и степени сжатия.

Определение оптимума формы камеры сгорания и степени сжатия, представляет издержки, однако, получена термодинамически выгодная работа. При этом важно то, что любое разбрызгивание топлива о крае поршня, при окончании впрыскивания исключаются. Испытания опять потвердили, что при движении поршня в области огненного торца от кольца полная защита обеспечена.

1. Поршень

Поршень модифицировался в области камеры сгорания и поршневого кольца, однако состоит по-прежнему, в верхней части из стали и нижней части из алюминия. Головка поршня охлаждается интенсивно; специально c этой целью в двигателе есть подводы масла — начинающееся с распределительной магистрали через соединения в рамовых подшипниках, канавке во вкладыше подшипника, каналах и переходы до поршневого пальца — интенсивно циркулирует посредством более больших поперечных срезов. Эффект этого всего мероприятия выражается в расходе масляного насоса, количество которого при равном напоре на 30 % может повышаться.

Поршень получает закаленные кольцевые пазы. Несмотря на то, что после долговременного эксплуатации канавки колец могут срабатываться из-за хромирования, можно опять вернуть начальные размеры, компания имеет в этом, правильно выбранные размеры высоты перегородки кольца дают возможность использовать натяг.

В дальнейшем размеры подобраны для поршневых колец и перегородок кольца на стабильный характер давления для нового и изношенного состояния. Известно, что здесь лежит одна из самых существенных причин расхода масла, и что измерение характера давления за отдельным кольцом, являются необходимыми для технически правильного решения.

1. Крышка цилиндров

Область камеры сгорания головки цилиндра или блока цилиндров модифицировалась и после c-познаний и переделывалась в модельно-техническую конструкцию. Конструкция предусматривает новую технологию на высокопрочном чугуне GGG60— в сочетании с правильно-литейную форму охлаждающей рубашки в области кольца седла клапанов, а также в области направляющих втулок клапана, для наименьшей тепловой деформации, чтобы получать наилучшую пригонку седла клапана при горячей и холодной обработке в производстве. Клапаны огородили от прямого подогрева с помощью охлаждения наверх в область низа крышки цилиндров; в результате этого метода, также на М453 C и М552 температурная усадка клапана при 40 град.. Уплотнительные кольца изготовленные из герметичного, однако, обуславливает изнашиваемость материала детали, которая гарантируем хорошую пригонку к клапану и лучший теплоотвод. Для хорошей теплостойкости клапана Крупп Мак заботится о поворотном механизме, которые обеспечивают положение клапана, безотказный ход.

C-план содержит в основном всестороннюю переработку для удобства технического обслуживания. Сюда относятся штекерные соединения и хорошо доступные легко разъемные замки. Удобство доступа к четырем винтам фланцев коллектора являлось бы улутшеннием конструкции, переделали изолирование дымохода. Впрочем, все винты, включая шатун и болты крепления головки блока цилиндров, монтируются простейшим способом механически; благодаря 8 болтам в крышке цилиндров можно избежать требующий много времени гидравлический способ . Все трубопроводы, которые мешают монтажу головки цилиндра или блока цилиндров, перенесены в имеющиеся в распоряжении свободные места.

1. Блок цилиндров

Материал заготовки в области блока цилиндров двигателя М332 C поменялся с серого чугуна на высокопрочный чугун. Это мероприятие повышает износостойкость детали в трое по сравнению с серым чугуном и сокращает хрупкость в 10 раз по сравнению с серым чугуном. С помощью использования высокопрочного чугуна в области напряженных элементов увеличиваются существенно долговечность двигателя. Это приводит среди прочего также к лучшей перепродажной стоимости на устарелые судна. Блок цилиндров переконструирован для стабильных радиальных направляющих втулок области верхнего бурта при одновременно интенсивном охлаждении этой части.

1. Коленчатый вал

Коленчатый вал является поковкой, из высококачественной улучшенной стали. Размеры переделывались в соответствии с новыми требованиями фирм, классификаций. Предохранение от высоких нагрузок на подшипник увеличили противовесы, мероприятия, которые гарантируют высокую надёжность подшипника. Улучшение балансировки сокращает дополнительно потери мощности в области фундамента.

1. Шатун

Шатун вынимается; это оправдало себя в прошлом 100 %, эксплуатация проста и доступна. Для улучшения посадок подшипника и втулки поршня Круп МАК разрабатывал специальную структуру поверхности.

1. Вкладыш подшипника

Для подшипников являются сегодня высоким уровнем техники оловянистое гальваническое покрытие. Благодаря этому исчезли проблемы коварных сопутствующих явлений коррозии. В дальнейшем отпала необходимость применение дополнительных и тяжелых противовесов работающих в коренных подшипниках и повысилась эксплуатационная надежность коленчатого вала в состояние с хорошими техническими резервами. Особый успех даёт в этой связи производственный опыт канавок подшипника, которые очевидно получает дополнительную несущую способность масляная пленка, лабиринтовые уплотнения препятствуют вытеснению смазочных масел из подшипника. Выводы замечательны.

1. Втулка

 Как уже упоминается в блоке цилиндров, опорная втулка ставится в верхнюю область бурта в блок цилиндров и интенсивно охлаждается жидкостью. Установка втулки в блок цилиндров изготовленного из высокопрочного чугуна намного проще, чем в серочугунный. С одной стороны более незначительны деформации высокопрочного чугуна с коэффициентом 1,6, так как Е-модуль от GGG50 гораздо выше, с другой высокопрочный чугун с высокой допускаемой нагрузкой, является лучшей упором для опорной втулки. Опорная втулка является закаленной, Круп МАК совершенствовал этот процесс десятилетия в направлении на более большие глубины проникновения.

Гомогенная закалка опорной втулки в область движения поршневого кольца от любых пульсации в последствии частичных закаливаний гарантирует долгосрочность расхода масла.

1. Впрыскивание

К достижению сгорания при постоянном давлении необходимым характеристикам впрыскивания обрабатываются конфиденциально. Относительно необходимых максимальных мощностей и моментов важно сказать, что весь приводной механизм для клапанов и топливного насоса, включая кулачок и нагрузку качения до шестерни страхуют.

 Шестерни этой дизельной серии закаливались и шлифовались с начала 70-х годов и с того времени не было ни одного повреждения шестерни.

Сегодня С-план Крупп Мак двигатели придерживаются всегда закаливания приводного шестерного механизма.

1. Выпускной газоотвод

Двигатели конструктивного ряда М332 C нагружаются импульсным газотурбинным наддувом. В полной мере испытывался также здесь напор выпускного газоотвода, который оптимизируют, как известно при полной нагрузке. Однако благодаря равновысокому давлению в воздуховоде и выпускном трубопроводе очень реагирует на продувочный воздух и недопустимо сильно на повышенные сопротивления в выпускной системе, или на незначительные потери коэффициента полезного действия при неполной нагрузке. Даже незначительные загрязнения воздуха и газоотвода, радиатора надувочного воздуха, область турбин и компрессора, а также монтаж решетки входа турбины приводят к сильной потери давления наддува и вместе с тем к повышенной тепловой нагрузке.

Из испытаний в исследованиях Круп МАК с переменными системами газоотвода и переменными поверхностями турбины разработан 4-х отводящий эжектор. Этот 4-х отводящий эжектор приводит импульсы отработавшего газа в идеале на 8-м М332 таким образом, что никакие помехи от продувки соседних цилиндров не приводят к сбою. В своей оптимальной настройке 4-х отводящий эжектор даже для продуваемых цилиндров производит дополнительное понижение давления, который осуществляет недостижимо высокий и равномерный распыл в цилиндрах. Это преимущество отражается, прежде всего, в положительно фиксированной работе винта, так как высокий перепад давления между надувочным воздухом и выпускной трубопровод вызывает незаурядно большие пропускные способности продувочного воздуха. Интервал к линии помпажа компрессора остаётся, поэтому сохранение режима работы винта в нагнетании гарантировано.

У конструкции выпускного трубопровода выбрано устройство так, что никакие напряжения во фланцах газоотвода отработавшего газа не возникают. Компенсаторы хорошо доступные, газоотвод оформлен так, что как с одной стороны, так и с другой прилигают к турбоагрегату.

Изоляция газоотвода совершенно по новому сконструирована и связана местами крепления только с выпускным патрубком. В области крышки цилиндра необходимы только малые усилия, чтобы демонтировать отдельные части перехода к цилиндрам. Хорошее удобство доступа к винтам в крышке цилиндра особенно уделено внимание. Винты подогнаны относительно бокового зазора и материала для высокого режима температуры и горячего монтажа. Если демонтируется крышка цилиндров, то предназначенные подпорки заботятся об уверенном позиционировании выпускного трубопровода и соединительных фланцев.

1. Наддув

Важной предпосылкой для эксплуатации тяжелых фракций нефти на судах является работа турбонагнетателя приспособленного к такому топливу. В этой связи работа радиальных компрессоров затруднена, так как конструкция турбины требует перемены направления потока, требуются центробежные силы вращающегося турбинного колеса. Если вытекающий отработавший газ, соблюдая это направление, то наличие всех твердых остаточных продуктов сгорания в моменте выхлопа приводит к отложению на лопатках турбины. Эти заброшенные частицы (их приносит потоком отработавших газов повторно к рабочему колесу) откладывают на внешнем кольце абразивные осадки которые приводят к износу и простоям. Изготовителя турбонагнетателя и производителя двигателя решают эту проблему каждый своим методом: изготовители турбонагнетателя применяют износостойкие насадки колец. Первые длительные испытания с износостойкими насадками на кольца свыше 4800 часов показывают незначительный износ. Круп МАК внес вклад, выполняя сокращения процента твердых остаточных продуктов сгорания в отработавшем газе С-дизелей с постоянным давлением сгорания.

Подгонка специфики турбоагрегата происходила при других c-двигателях для оптимального соотношения коэффициента полезного действия в рабочей области нагрузки с одновременно сильными «Büffelcha­rakteristik» при ходовых режимах винта. Большие пропускные способности продувочного воздуха способствовали верному решению, чтобы достичь наибольших границ режима . Даже кривые винта имеют на 130% дальше границы помпажа.

Резюмирование.

Двигатель М332C Круп МАК продолжает серию надёжных, малых машин на тяжелых фракциях нефти с сильными техническими характеристиками и вращающим моментом. Он использует данные из научного исследования и разработок впрыскивания, сгорания и наддува, и данные из практики сгорания тяжелых фракций нефти, эксплуатационной надежности и удобства технического обслуживания, а также величин расхода и простоев.

Так как двигатель располагает длинным ходом поршня, параметры могли сохранять степень сжатия, оптимизированную в камере сгорания для характеристики впрыскивания. Характер крутящего момента, благодаря модифицированному наддуву, ещё лучше, чем в обычном холостом режиме.

Незначительный процент твердых остаточных продуктов сгорания в отработавшем газе оседает на различных элементах конструкции, огневой бурт поршня, поршневые кольца и клапаны, в смазочных маслах и масляных фильтрах, турбонагнетателе и газоотводе, а также незначительно воздействует на людей, и на окружающую среду.

Особенное значение придается эксплуатационной надежности и надежному обслуживанию, выполняемое для покупателя. Сюда относятся каждое ёмкое мероприятие, которое технически застраховано, и имеет необходимый инструмент.

С достигнутыми хорошими величинами расхода на основе хорошего сгорания, оптимизировали область работы, которая остаётся постоянной в граничных областях износа.

Вместе с тем нахождение в рабочем диапазоне 1000 до 1600 kW и диапазоне частоты вращения 720 до 900 об/мин, делает его в 90-х замечательным 6-ти и 8-ти цилиндровым дизелем работающем на тяжелом топливе.

# Das Wörterbuch

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Der Diselmotor | Дизель |
| 2 | Der Brennstoff | Топливо |
| 3 | der breiten Fraktionzusammensetzung  | Широко фракционный состав |
| 4 | Der Kolben | Поршень |
| 5 | Der Pleuelstange | Шатун |
| 6 | Der Kurbelwall | Коленчатый вал |
| 7 | Der Zylinderkopf | Крышка цилиндра |
| 8 | Die Kastengestell | Блок цилиндров |
| 9 | Der Lagerschalen | Вкладыш подшипника |
| 10 | Der Laufbuchse | Втулка |
| 11 | Der Abgasleitung | Выпускной газоотвод |
| 12 | Der Aufladung | Наддув |
| 13 | Die Ring | Кольцо |
| 14 | Die Anpassung  | Приспособление |
| 15 | Das Grauguß | Серый чугун |
| 16 |  Das Sphäroguß  | Высокопрочный чугун |
| 17 | Die Zugänglichkeit | Доступность |
| 18 |  Der Abstützungen  | Опора |
| 19 | Die Wirtschaftlichkeit | Экономичность |
| 20 | Der Leistungsbereich | Рабочий диапазон |
| 21 | Die Anpassung  | Подгонка |
| 22 | Der Gestellbereich | Область станины |
| 23 | Die Verminderung  | Сокращение |
| 24 | Das Turbi­nenlaufrad | Турбинное колесо |
| 25 | Der Ansatz | Патрубок |
| 26 | Der Bundbereich | Область бурта |
| 27 | Das Ven­tile  | Клапан |
| 28 | die Verwen­dung  | Применение |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 29 | Die Härtung | Закалка |
| 30 | Die Richtung | Направление |
| 31 | weiterentwiekelt | Глубина проникновения |
| 32 | Ölverbrauch | Расход масла |
| 33 | langfristig | Долгосрочность |
| 34 | sicheren | Гарантирует |
| 35 | Die Erzielung | Достижение |
| 36 | vertraulich | Конфидициально |
| 37 | bezüglich | Относительно |
| 38 | Das gesamte Antrieb | Приводной механизм |
| 39 | Die Kraftstoffpumpe | Топливный насос |
| 40 | Der Nocken | Кулачек |
| 41 | Die Rollenbelastung | Нагрузка качения |
| 42 | Das Zahnräd | Шестерня |
| 43 | Die Weise | Способ |
| 44 | Die Störwellen | Волновые помехи |
| 45 | spülenden | Продувание |
| 46 | Der Nachbarzylinder | Соседний цилиндр |
| 47 | Der Anfang | Начало |
| 48 | Die Stoβaufladung | Импульсный наддув |
| 49 | Der Vollast | Полная нагрузка |
| 50 | Die Optimalabstimmung | Оптимальная нагрузка |
| 51 | Der Uterdruck | Давление ниже атмосферного |
| 52 | Das Spülgefälle | Перепад продувки |
| 53 | Der Abstand | Интервал |
| 54 | Die Pumpgrenze | Ограничение насоса |
| 55 | Das Verdichter | Компенсация |
| 56 | Die Anordnung | Расположение |
| 57 | Die Verspannungen | Напряжение |
| 58 | Der Abgasflanschen | Фланец газоотвода |
| 59 | Die Voraussetzung | Предпосылка |
| 60 | Der Schwerölbetrieb | Работа на тяжелых фракциях нефти |
| 61 | Der Turboladerhersteller | Изготовитель турбонагнетателя |
| 62 | Die Düsenringen | Насадка кольца |
| 63 | Die Langzeiterprobungen | Длительные испытания |
| 64 | Der Verschleiβ | Износ |
| 65 | Die Gleichdruckverbrennung | Постоянное давление сгорания |
| 66 | Die Anpassung | Подгонка |
| 67 | Die Spülluftduchsätze | Пропускные способности наддува |
| 68 | robust | Надежный |
| 69 | Das Drehmoment | Крутящий момент |
| 70 | Die Entwicklung | Разработка |
| 71 | Die Forschung | Исследования |
| 72 | Das Kolbenhub | Ход поршня |
| 73 | Das Verbrennungsrückstände | Остаточные продукты сгорания |
| 74 | Die Schmierölfilter | Масляный фильтр |
| 75 | Die Umweltbelastung | Окружающая среда |
| 76 | Die Betriebssicherheit | Эксплуатационная надёжность |
| 77 | Der Lietungsbereich | Диапазон мощности |
| 78 | Der Drehzahlbereich | Диапазон частоты вращения |
| 79 | Die Entwicklungsgeschichte | История развития |
| 80 | Das Verbrennungsverfahrens | Способ горения |
| 81 | Der Auspuff | Выхлоп |
| 82 | Die Wirkuung | Эффект |
| 83 | Die Schraube | Винт |
| 84 | Die Zugänglichkeit | Удобный доступ |
| 85 | Die Reserven | Запасы |
| 86 | Die Annäherung | Приближение |
| 87 | Die Erregung | Возбуждение |
| 88 | Das Gegenteil | Противоположность |
| 89 | Die Schffahrt | Судоходство |
| 90 | Das Abblaseventil | Выпускной клапан |
| 91 | Das Umblaseventil | Впускной клапан |
| 92 | Der Drall | Завихрение |
| 93 | Die Meβriehe | Серия измерений |
| 94 | Die Abhängigkeit | Зависимость |
| 95 | Die Menge | Количество |
| 96 | Der Quersehnitt | Поперечное сечение |
| 97 | Der Kolbenbolzen | Поршневой палец |
| 98 | Die Formbeständigkeit | Теплостойкость |
| 99 | Die Kühlung | Охлаждение |
| 100 | Das Abgasrohre | Выхлопная труба |

# Литература

1. Heintze, Zigan. Zwischenbericht 5/87/2 „Va­riabler Multipulse-Converter" (nicht veröffent­licht).
2. Holst, *Zigan.* „C-Entwicklung und Vorerpro­bung 6 M 332 C" (nicht veröffentlicht).
3. *Zigan,* Nagel. Zwischenbericht „Elektronisch gesteuerte Druckspeicher-Einspritzung" (nicht veröffentlich).
4. Schlemmer-Kelling, *Zigan.* Versuchsbericht 37/ 89/282 „Verbesserung des Teillastverhaltens M 332/M 282" (nicht veröffentlicht).
5. Van't Hoff, Zwingmann. Versuchsbericht 282/ 352 „Dichtverband Laufbuchse/Kastengestell" (nicht veröffentlicht).
6. Van't Hoff, Zwingmann. Versuchsbericht 332/ 355 6 M 332 „Einspritzung und Rauchverhal­ten" (nicht veröffentlicht).
7. Schlachta, Zwingmann. „Betriebscrfahrungen mit M 332-Motoren im Schwerölbetricb" (nicht veröffentlicht).
8. Zigan. „Stauaufladung am Motor 8 M 282". DT 3 Bericht Nr. 4/87 (nicht veröffentlicht).
9. Zeitschrift “Seewirtschaft” Jahngang 42 8/1990 August 92s.
10. Zeitschrift “Seewirtschaft” Jahngang 43 3/1991 März 70s.