

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
для практичних робіт студентів з дисципліни
«Авіаційна метеорологія»

ОДЕСА – 2006

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
для практичних робіт студентів з дисципліни
«Авіаційна метеорологія»

Затверджено
методичною комісією ГМІ
Пр. № _____ від _____ 2006 р.

ОДЕСА - 2006

Збірник методичних вказівок для практичних робіт студентів з дисципліни «Авіаційна метеорологія» для студентів 4 курсу, напрям підготовки – «Гідрометеорологія», спеціальність «Метеорологія» / Укладачі: к.г.н., доц. Івус Г.П., Москаленко Л.М., Нажмудінова О.М.; укр., 34 стор.

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Авіаційна метеорологія» є складовою частиною державного стандарту освіти на рівні спеціаліста. Цей курс є обов'язковим з освітньо-професійної підготовки студентів з напрямку «Гідрометеорологія» за спеціальністю 7.070601 - «Метеорологія».

Метою дисципліни «Авіаційна метеорологія» є надання студентам базових знань про природу виникнення атмосферних процесів різних масштабів та їх вплив на роботу авіації при зльотах, наборах висоти, польотах на ешелонах та посадках. Основу предмета складає розробка питань забезпечення безпеки польотів, регулярності руху повітряних суден і ефективного застосування авіаційної техніки в різних умовах погоди.

Даний збірник методичних вказівок спрямований на організацію практичних робіт студентів під час вивчення теми «Прогноз струминних течій» і при виконанні практичних завдань: 1 завдання – 6 годин занять і 4 години СРС, 2 завдання – 2 годин занять і 2 години СРС, 3 завдання – 2 години занять і 2 години СРС,

При вивченні теми студент повинен:

Знати: Основні атмосферні процеси, які сприяють виникненню струминних течій, основні параметри струменів, а також їх географічний розподіл та сезонну повторюваність.

Вміти: Визначити струменеві течії на синоптичних картах, надати прогноз переміщення осі струменя, а також спрогнозувати максимальну швидкість та очікувану висоту струминної течії.

Список літератури

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г. и др. Авиационная метеорология. – СПб.: Гидрометиздат, 1992. - 352 с.
2. Богаткин О.Г. Практикум по авиационной метеорологии. – СПб: РГГМУ, 2005. - 129 с.
3. Воробьёв В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. - С. 304 – 324.
4. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. – Л.: Гидрометеиздат, - Ч.І. – 1986. - С. 242 – 262.

ЗАВДАННЯ 1

Прогноз горизонтального переміщення осі струминної течії

Струминна течія (СТ) – це сильні вузькі повітряні потоки у тропосфері і стратосфері, які характеризуються значними градієнтами швидкості і великою горизонтальною протяжністю.

Довжина СТ вимірюється тисячами кілометрів, ширина – сотнями кілометрів, а вертикальна потужність – кількома кілометрами.

За границю СТ найчастіше прийнято вважати ізотаксу 30 м/с (108 км/год). Швидкість 30 м/с прийнята за нижню межу не випадково, таке значення є важливим для метеорологічного забезпечення польотів реактивних та турбогвинтових літаків, оскільки вже може здійснювати вплив на їх путьову швидкість. Вертикальний градієнт швидкості вітру у струминній течії перевищує 5 м/с на 1 км, а горизонтальний – 10 м/с на 100 км.

Струминні течії класифікуються за географічними ознаками:

1. Арктичні СТ (знаходяться північніше 65° п. ш.) на висотах 6 – 8 км;
2. СТ помірних широт (зона $45 - 65^\circ$ п. ш.) на висотах 8 – 12 км;
3. Субтропічні СТ (зона близько 30° п. ш.) на висотах 11 – 16 км;
4. Екваторіальні стратосферні СТ східного напрямку на висотах більше 20 км;
5. Стратосферні СТ помірних і високих широт східного напрямку на висотах більше 15 км.

Поле температури в області СТ характеризує горизонтальний градієнт температури, при чому на циклонічній периферії в верхній тропосфері він більший ніж в середній, а на антициклонічній периферії співвідношення зворотне. Розподіл горизонтального градієнту температури у шарі 300 – 500 гПа значно більший на циклонічній периферії, ніж на антициклонічній. На рівні 200 гПа (11 – 12 км) максимум градієнту зміщується на антициклонічну периферію СТ, це роз'яснюється значним нахилом тропопаузи в області СТ і обертаністю градієнта температури у стратосфері.

Дані, приведені на рис. 1, показують, що в ВФЗ на всіх тропосферних рівнях спостерігається добре виражений максимум горизонтальних градієнтів температури, а отже, і максимум швидкості вітру. З іншого боку, швидкість вітру в області ВФЗ в межах тропосфери зростає з висотою, це обумовлене тим, що горизонтальні градієнти на ізобаричних поверхнях 700, 500, 300 гПа мають однаковий напрям. Оскільки на рівні 200 гПа горизонтальні градієнти температури мають напрям, зворотній тропосферному, максимум швидкості вітру в помірних широтах при його зміні з висотою, знаходиться зазвичай в середньому між ізобаричними поверхнями 300 и 200 гПа.

Таким чином, характер розподілу температури в області ВФЗ такий, що складаються умови для виникнення сильного повітряного потоку над областю найбільших горизонтальних градієнтів температури тропосфери з максимумом швидкості поблизу тропопаузи. Цей повітряний потік, генетично пов'язаний з ВФЗ, і являє собою струминну течію.

В районі СТ спостерігаються значні горизонтальні градієнти тиску (геопотенціалу). З висотою, при переході від 500 до 300 гПа, область максимальних градієнтів геопотенціалу зміщується на циклонічну периферію. При переході від 300 до 200 гПа максимум градієнту геопотенціалу зміщується в сторону висотного антициклону.

Значення швидкості вітру обумовлюється градієнтом геопотенціалу: чим вище градієнт геопотенціалу, тим більше швидкість вітру; чим скоріше він змінюється, тим скоріше міняється і швидкість вітру. Таким чином, особливо значні зростання швидкості вітру з висотою спостерігаються над віссю струменя. Середній вертикальний градієнт швидкості вітру у цьому шарі складає 8,8 м/с на 1 км, у той час як його значення у струмені в цілому складає 2,2 м/с на 1 км.

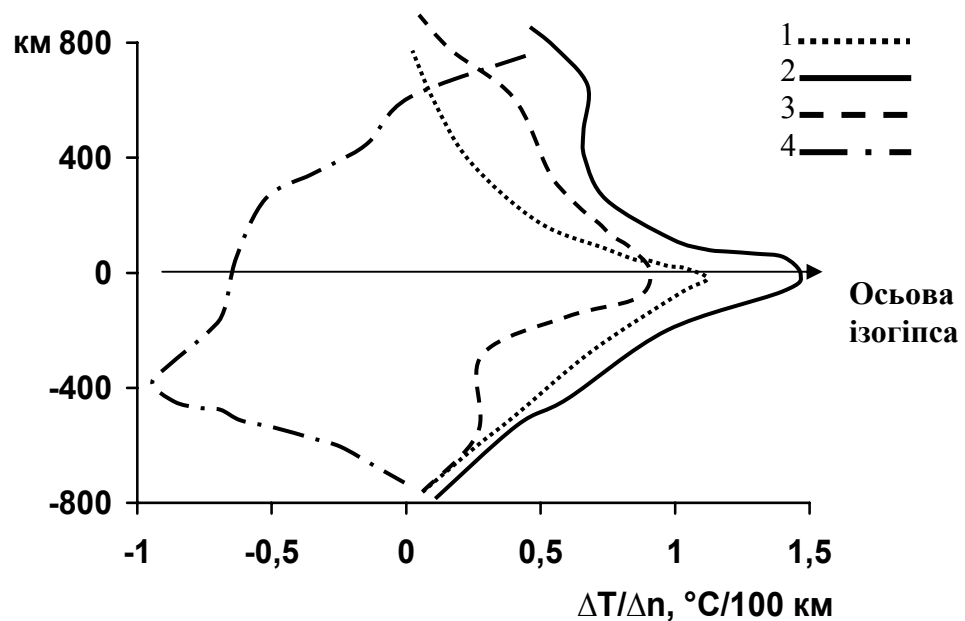


Рис.1 - Розподіл середніх горизонтальних градієнтів температури на ізобаричних поверхнях 700 - (1), 500 - (2), 300 - (3) і 200 - (4) гПа відносно осьової ізогіпси ВФЗ помірних широт. За В. І. Воробйовим

Вертикальна потужність СТ знаходиться в прямій залежності від швидкості. Над Європою середня вертикальна потужність струминної течії при швидкостях 100 – 150 км/год складає 4,7 км, а при швидкостях

більших за 150 км/год – 6,7 км. СТ з порівняно невеликими швидкостями локалізуються поблизу тропопаузи.

На циклонічній периферії швидкість вітру з висотою змінюється швидше, ніж на антициклонічній. Горизонтальні градієнти швидкості вітру на циклонічній периферії також більші, чим на антициклонічній.

СТ особливо добре виражені над Тихим океаном, швидкості вітру біля осі струменя досягає 600 км/г.

Зміна вітру з висотою у СТ, особливо поблизу його осі, свідчить про те, що в області струменів сильно розвинена турбулентність. Місцями в СТ відмічається дуже сильна бовтанка літаків.

Розвиток турбулентності може бути охарактеризований числом Річардсона – Ri , при чому великі значення Ri відповідають низьким рівням турбулентної енергії, а малі значення – високим.

Як було зазначено вище, згідно означенню аерологічної комісії Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО), струминна течія – це сильний вузький потік з майже горизонтальною віссю у верхній тропосфері чи стратосфері, який характеризується великими вертикальними і горизонтальними зсувами вітру і одним або кількома максимумами швидкості. Недоліком цього означення є відсутність вказівок на зв'язок струминних течій з висотними фронтальними зонами і на можливість їх утворення не тільки в тропо - і стратосфері, але й в більш високих шарах атмосфери.

Аерологічна комісія ВМО в додаток рекомендувала наступні критерії: зазвичай СТ поширюється на тисячі кілометрів в довжину, сотні – в ширину, і кілька кілометрів за товщиною. Вертикальний зсув вітру досягає 10 м/с на 1 км, а боковий – 10 м/с на 100 км.

Віссю струменя називається лінія току з максимальною швидкістю вітру у межах даної висотно-фронтальної зони (ВФЗ), горизонтальна вісь – це лінія, що з'єднує точки з максимальною швидкістю вітру на фіксованому рівні або на визначених ізобаричних поверхнях у межах даної ВФЗ. За додатній напрям осі СТ приймається такий, при якому зліва залишається низький тиск, а справа – високий.

Циклонічна периферія СТ – це частина струменя, яка розташована зліва від поверхні, що проходить через горизонтальні осі СТ на всіх рівнях, тобто частина СТ, яка повернена в бік низького тиску.

Антициклонічна периферія СТ – це частина струменя, яка розташована справа від поверхні, що проходить через горизонтальні осі СТ на всіх рівнях, тобто частина СТ, яка повернена в бік високого тиску.

Інтенсивність СТ у даному пункті чи районі оцінюється значенням швидкості вітру на осі течії або, якщо мова йде про інтенсивність СТ на даному рівні, значенням швидкості вітру на горизонтальній осі.

Арктичні СТ характеризуються великою рухливістю і мінливістю інтенсивності, яка в середньому невелика, в окремих випадках максимальні швидкості вітру можуть досягати 50 - 60 м/с.

СТ помірних широт також мають велику мінливість. Середня інтенсивність цих струменів більша, ніж арктичних. Максимальні швидкості вітру досягають взимку 80 – 100 м/с, а іноді 120 – 130 м/с, влітку максимум швидкості менший, але часто перевищує 60 – 70 м/с. Найбільш інтенсивні СТ помірних широт зимою у східних узбережжях Північної Америки і Азії.

Субтропічні СТ особливо чітко просліджуються взимку у вигляді майже безперервного поясу сильних західних вітрів вздовж північної периферії субтропічних антициклонів. Осі цих течій іноді досягають висоти 15 – 16 км. Рухливість субтропічних СТ в середньому менша, чим СТ високих і помірних широт. Максимальні швидкості вітру часто досягають 120 – 130 м/с, а біля східних узбережжя материків – 140 – 160 м/с.

В середньому, інтенсивність тропосферних СТ взимку в 1,5 раз більша ніж влітку. Від зими до літа тропосферні СТ усіх типів зміщуються на північ.

Стратосферні СТ, переважно західного напрямку, спостерігаються взимку на всіх широтах. Вони зв'язані з стратосферними ВФЗ, які можуть виникати або в результаті вертикального розвитку тропосферних ВФЗ, або як самостійні стратосферні утворення. Влітку повторюваність стратосферних струминних течій суттєво зменшується, що зв'язано з виникненням на високих рівнях (18 км) східних вітрів. Порівняно стійка стратосферна течія спостерігається взимку в субполярній області, її зазвичай називають струминною течією на «краю полярної ночі». Вона утворюється в зоні великих горизонтальних контрастів температури, які виникають між приполюсною областю з безперервною полярною ніччю і тією частиною атмосфери, де продовжується звичайна зміна дня і ночі. Вісь цього струменя знаходиться на висотах біля 60 км з середньою швидкістю 80 – 100 м/с.

СТ східного напрямку утворюються влітку на південній периферії планетарного стратосферного антициклонічного вихору. Вона розташовується на широтах 45° з віссю на висоті 60 км, інтенсивність складає близько 60 м/с. Вісь цього струменя, як і струменя «на краю полярної ночі», знаходиться вище стратосфери - в мезосфері, тому ці СТ слід віднести до СТ ВФЗ високих шарів атмосфери.

До числа стратосферних СТ відносяться екваторіальні СТ, осі яких знаходяться на висотах 25 – 30 км. Вони розташовуються поблизу екватора, не віддаляючись більш, ніж на 15 – 20° широти.

Повторюваність струминних течій є величиною відносною, оскільки вона залежить від розмірів рівновеликих площ. Проте значення повторюваності в різних регіонах північної півкулі повністю порівняні

одне з одним. Таким чином, можна не тільки виділити зони з найбільшою й найменшою повторюваністю СТ, але й встановити кількісні співвідношення повторюваності в різних районах.

Основною особливістю розподілу тропосферних ВФЗ у північній півкулі взимку є наявність витягнутих у загальному широтному напрямі двох зон підвищених значень їх повторюваності. Північна зона підвищеної повторюваності СТ має значні хвильові вигини у відповідності з положенням висотних кліматичних улоговин і гребенів помірних широт. Над Японським морем вона зливається з південною зоною підвищеної повторюваності СТ. Східніше Японських островів обидві зони повторюваності СТ існують роздільно, а біля східного узбережжя Північної Америки північна зона знову зближується з південною.

Отже, біля східних берегів материків північна зона підвищеної повторюваності СТ розташовується в більш низьких широтах, ніж біля західних узбереж. Якщо над Японією і східними районами США центральна частина північної зони знаходиться приблизно на широтах 40° , то біля західних берегів материків – на широті $55-60^\circ$.

Південна зона підвищеної повторюваності СТ, на противагу північній, зміщена у більш високі широти біля східних узбереж материків. В цих районах обидві зони максимальної повторюваності зближуються найбільш сильно і, по суті, утворюють загальні області з повторюваністю СТ в центральних їх частинах, яка досягає 100% біля східного узбережжя Азії і перевищує 90% біля східного узбережжя Північної Америки. Саме тут найбільш висока повторюваність дуже сильних СТ зі швидкостями ≥ 60 м/с.

Влітку, так само як і зимою, можна виділити дві зони підвищеної повторюваності тропосферних СТ, які охоплюють усю північну півкулю. Південна зона проходить майже зонально трохи північніше широтного кола 40° . Вона зміщена в бік півночі над центральними районами океанів і в бік півдня біля берегів континентів. Область з повторюваністю більше 50% перетерплює розрив біля західного узбережжя Північної Америки. Південна зона підвищеної повторюваності СТ від зими до літа зміщується в бік півночі на $12 - 15^\circ$.

Зимній максимум повторюваності СТ, який знаходився біля східного узбережжя Азії у над прилягаючою акваторією Тихого океану, влітку повністю зміщується на континент Євразії. Область з повторюваністю $>80\%$ у вигляді вузької смуги проходить від Балканського півострова на південь Чорного моря, Кавказ, Середню Азію і далі вздовж північної границі Тибетського плато майже до Тихоокеанського узбережжя Азії. В межах цієї області знаходиться єдиний у всій північній півкулі осередок з повторюваністю СТ великої інтенсивності (≥ 60 м/с) більше 20% .

Північна зона підвищеної повторюваності СТ поблизу Британських островів і над Північним морем від зими до літа не змінює свого

положення. Далі на схід вона знаходиться трохи північніше, ніж взимку, а над Західно - Сибірською низовиною роздвоюється.

Найбільш характерна для СТ хмарність спостерігається в передній частині висотної улоговини. Це хмарність шарувато подібних форм: перисто-шаруваті і високошаруваті. При наземних спостереженнях і на знімках метеорологічних штучних супутників Землі (ШСЗ) такі форми хмарності виявляються справа від осі СТ (у теплому повітрі). Зліва від осі СТ (у холодному повітрі) , при умові розвиненої конвекції , відмічаються хмари вертикального розвитку: купчасті, купчасто дощові, а також висококупчасті і перисті, що утворились при «растекании наковален». В тилівій частині висотної улоговини і передній частині гребеня часто спостерігається під інверсійна хмарність (висококупчаста, «чечевицеобразная», перисто-купчаста). Зліва від осі СТ хмарність іноді взагалі відсутня.

Знання характерних особливостей хмарної системи СТ необхідне при аналізі знімків ШСЗ видимого та інфрачервоного діапазонів спектру з метою виявлення СТ і з'ясування деяких їх характеристик. Чим краще виражена хмарність СТ, тим більша швидкість на її осі. Наявність хмарної системи характерна для течій зі швидкостями вітру на осі більше 40 м/с.

В зоні СТ відмічається специфічний розподіл загального вмісту озону: на циклонічній периферії кількість озону, як правило, вище середнього для даного місця і пори року значення, а на антициклонічній – менше такого значення. В результаті такого ефекту, горизонтальний градієнт загального вмісту озону в зонально орієнтованій СТ в 2 -10 раз вище середнього для даного періоду часу його меридіонального градієнту.

За абсолютним значенням горизонтальні градієнти загального вмісту озону в меридіональних струминних течіях нижчі, ніж в зональних в 1,5 – 1,7 рази.

Макротурбулентне перемішування приводить до вирівнювання вмісту озону на периферія струминної течії. Але, оскільки загальний вміст озону, в середньому, зростає з півдня на північ, то на циклонічній периферії струменя в результаті перемішування він збільшується, а на антициклонічній – зменшується.

На початку розвитку циклонів та антициклонів струминна течія найбільш інтенсивна.

На першій стадії розвитку циклонічного збурення вісь СТ знаходиться зліва від його приземного центру (при спостереження вздовж потоку) безпосередньо за холодним і перед теплим ділянками фронтів, тобто в зоні найбільших контрастів температури, яка виникає в результаті фронтогенезу.

Оскільки циклон поглиблюється до тих пір, поки в його тилу існує інтенсивна адвекція холоду, то в циклоні, який поглиблюється, найбільш

значні контрасти температури і відповідно швидкості вітру в системі СТ, спостерігаються в його тилевій частині.

Чим швидше поглиблюється циклон, тим значніше відбувається меридіональне перетворення ВФЗ і деформація СТ.

З подальшим заглибленням циклону температура повітря в його системі майже безперервно знижується. Циклон продовжує заповнюватись холодним повітрям внаслідок як адвекції холоду, так і адіабатичного зниження температури, а ВФЗ і СТ зміщуються на периферію. На останній стадії розвитку циклона – стадії заповнення, СТ поступово виходить за його границі.

В системі антициклону відбувається аналогічний процес, з тією суттєвою різницею, що тут при посиленні антициклону струмінь зміщується на його холодну частину. На стадії виникнення вісь струминної течії знаходиться майже над приземним центром антициклону. При дальшому посиленню течія переміщується в бік холоду, а на останній стадії зовсім виходить за межі основного антициклону, що слабшає.

Таким чином, у системі циклону, що поглиблюється, в зв'язку з охолодженням повітря СТ зміщується на його теплу периферію, а системі антициклону, що посилюється, через адвентивне і адіабатичне нагрівання повітря струмінь переміщується на його холодну периферію. І в тому, і в іншому випадку при розвитку баричного утворення швидкості повітряних течій над ними у верхній тропосфері слабшають.

Отже, можна сформулювати наступні положення:

1. Вісь струминної течії над виникаючими циклонами і такими, що поглиблюються, зазвичай знаходиться зліва (за напрямом потоку) від їх центрів біля поверхні землі.
2. Вісь струминної течії розміщується над приземним центром молодого циклону, позаду приземної лінії холодного фронту на відстані 200 – 300 км і перед лінією теплої ділянки фронту на відстані 300 – 400 км.
3. На стадії найбільшого розвитку циклону СТ зміщується вправо від приземного центру і перетинає холодний і теплий фронти поблизу виникаючої точки оклюзії.
4. На стадії оклюдування і заповнення циклону СТ знаходиться справа від його приземного центру. По мірі оклюдування циклону СТ втрачає зв'язок з основним циклоном.
5. На початковій стадії виникнення антициклону чи гребеня біля поверхні землі вісь струменя знаходиться над ним або трохи правіше від нього. Над приземним центром максимальні швидкості на осі течії зазвичай перевищують 120 – 150 км/год. При дальшому посиленні антициклону СТ переходить на його ліву холодну периферію, а над центром швидкості вітру слабшають.

6. На стадії найбільшого розвитку антициклону СТ вже знаходиться на периферії, а над центром спостерігаються слабкі вітри.
7. В стадії руйнування антициклону струминна течія втрачає зв'язок з основним антициклоном.

Зі способів прогнозу горизонтального переміщення осі струминної течії найбільш практичне застосування знайшов метод прямокутника – Е.Рейтера, перероблений стосовно Західної Європи Н.Н.Бельською.

Метод заснований на припущенні, що струминна течія, а отже і її вісь переміщуються разом з осередненій по великій площі потоком на поверхні 300 гПа. Вихідними матеріалами для складання прогнозу служать карти максимального вітру і АТ-300 за вихідний строк.

Для побудови карти очікуваного через 24 години положення осі СТ на вихідну карту АТ-300 переноситься положення його осі з карти максимального вітру. Обираються точки на осі СТ, положення яких треба прогнозувати. Вибір числа точок залежить від конкретної ситуації і від складності конфігурації СТ. Потім в окрузі кожної точки на ізобаричній поверхні 300 гПа проводиться осереднення потоку.

Досвідним шляхом встановлено, що для цієї мети краще за все взяти область осереднення, обмежену меридіанами / $\lambda_0 \pm 10^\circ$ / і паралелями / $\varphi_0 \pm 7,5^\circ$ /, де λ_0 і φ_0 – координати точок на осі, переміщення якої прогнозується (рис.1).

Розрахунок проводиться для точки, яка знаходиться в центрі чотирикутника (точка 0). Для того, щоб не будувати чотирикутники для кожної точки, їх беруть стандартними через кожні 5° широти (рис.3)

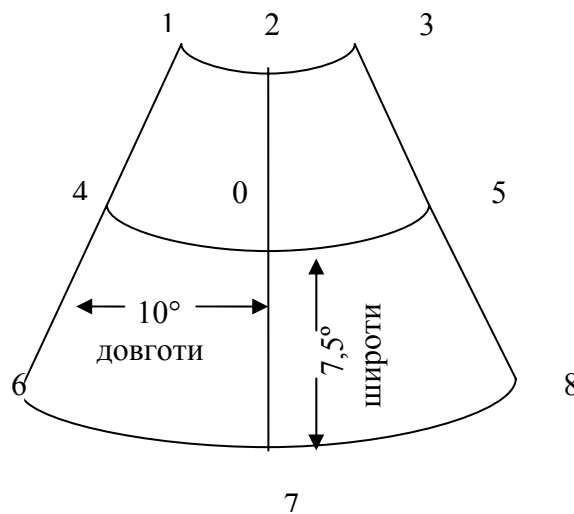


Рис.3 - Сітка точок для прогнозу переміщення осі струминної течії

Осереднення меридіональної складової проводиться за формулою:

$$\sum \Delta_{\varphi} H = (H_3 - H_1) + (H_5 - H_4) + (H_8 - H_6), \quad (1)$$

де H_i - значення H_{300} (гп.дам.) в точці ($i=1,2,3 \dots 8$) сітки (рис.3).

Дійсно, $\sum \Delta_{\varphi} H$ пропорційна осередненому за площею широтному градієнту геопотенціалу, тому вона характеризує середню меридіональну складову переносу над усім прямокутником.

Зональна складова осередненого потоку аналогічно розраховується за формулою:

$$\sum \Delta_{\lambda} H = (H_6 - H_1) + (H_7 - H_2) + (H_8 - H_3), \quad (2)$$

Очікуване за добу переміщення точки розраховується по рівнянням регресії:

$$\begin{aligned} D_{\lambda} &= 0,1 \sum \Delta_{\varphi} H, & - \text{ градуси широти} \\ D_{\varphi} &= 0,1 \sum \Delta_{\lambda} H, & - \text{ градуси довготи} \end{aligned} \quad (3)$$

При $D_{\lambda} > 0$ зміщення точки на осі СТ відбувається на північ, при $D_{\lambda} < 0$ - на південь, при $D_{\varphi} > 0$ точка на осі СТ зміщується на схід, при $D_{\varphi} < 0$ на захід. Сума векторів вказує напрям і відстань зміщення точки 0, розташованої на осі СТ.

Аналогічні розрахунки для ряду інших точок на осі СТ дозволяють встановити очікуване її положення через 24 години.

Питання для самоперевірки студентів

1. Дати означення струминної течії.
2. Охарактеризувати баричний градієнт в зоні СТ.
3. Як розвинена турбулентність в СТ?
4. Які бувають СТ, визначити їх зв'язок з баричними утвореннями (циклонами і антициклонами)?
5. Дати характеристику СТ за сезонами.
6. Географічний розподіл СТ.

Зміст завдання: Скласти прогноз переміщення СТ на 24 години.

Вихідні матеріали:

1. Палетка для розрахунку через кожні 5° широти (Додаток 1).
2. Карта максимального вітру, карта АТ-300 (Додаток 2).

Техніка розрахунку: Порядок розрахунку пояснимо на прикладі за 00 СГЧ 02.12.2005р. (Додаток 2)

1. На карті максимального вітру за 00 СГЧ 02.12.2005р. на осі СТ відмічають характерні точки 1, 2, 3, ... 9. Розглядають переміщення точок 1 – 9.
2. Знімають координати точок 1 – 9 і записують їх в табл.1.

Таблиця 1 - Приклад розрахунку майбутнього положення осі СТ

№	φ ° п.ш.	λ °сх.д.
1.	41	20
2.	42	22
3.	43	24
4.	45	26
5.	46	30
6.	47	33
7.	48	37
8.	48	41
9.	47	44

3. Точки 1 – 9 переносять за координатами на карту АТ-300 того ж строку, потім знімають значення геопотенціалу і знаходять їх різниці H_3-H_1 , H_5-H_4 , H_8-H_6 , H_6-H_1 , H_7-H_2 , H_8-H_3 в відповідних точках палетки для необхідної широти, центр 0 повинен бути сполучений з характерними точками на осі СТ 1 – 9. Підставляють в формули (1) і (2) значення відповідних різниць геопотенціалу і отримують значення $\sum \Delta_{\varphi} H$ та $\sum \Delta_{\lambda} H$.

4. Знаходять поправки в градусах за формулами (3) і отримують D_{λ} , D_{φ} . Обчислюють координати, які матимуть характерні точки 1 – 9 через 24 години:

$$\varphi \text{ прогн} = \varphi \text{ факт} + D_{\lambda}$$

$$\lambda \text{ прогн} = \lambda \text{ факт} + D_{\varphi}$$

5. За отриманими координатами на карті максимального вітру наносять нове положення характерних точок СТ 1 – 9. З'єднують їх

плавною пунктирною лінією і отримують положення осі СТ через 24 години.

Звітний матеріал – заповнена табл.2.

Таблиця 2 - Прогноз координат точок на осі СТ

№	φ ° п.ш.	λ ° сх.д.	H ₃ -H ₁	H ₅ -H ₄	H ₈ -H ₆	$\Sigma \Delta \varphi$ H	$D_{\lambda=0,1} \Sigma \Delta \varphi$ H	φ прогн	H ₆ -H ₁	H ₇ -H ₂	H ₈ -H ₃	$\Sigma \Delta \lambda$ H	$D_{\varphi=0,1} \Sigma \Delta \lambda$ H	λ прогн
1.	41	20	16	24	22	62	6,2	47,2	46	60	52	158	15,8	35,8
2.	42	22	14	29	26	69	6,9	48,9	50	58	52	160	16,0	38,0
3.	43	24	15	30	20	65	6,5	49,5	54	63	51	168	16,8	40,8
4.	45	26	20	29	19	68	6,8	51,8	53	57	58	168	16,8	42,8
5.	46	30	12	26	20	58	5,8	51,8	52	58	64	169	16,9	46,9
6.	47	33	8	26	8	42	4,2	51,2	58	62	60	180	18,0	51,0
7.	48	37	0	12	4	16	1,6	49,6	56	66	64	186	18,6	55,6
8.	48	41	6	0	-4	2	0,2	48,2	56	64	54	174	17,4	58,4
9.	47	44	6	0	-16	-10	-1,0	46,0	64	63	40	167	16,7	60,7

ЗАВДАННЯ 2

Прогноз висоти і інтенсивності струминної течії

Вертикальна структура СТ помірних широт дуже складна. Тропопауза в цій області має великий нахил (це найчастіше характерно для СТ високих широт), або навіть розрив (типово для СТ субтропічних широт). Чим інтенсивніша струминна течія, тим вірогідніший розрив тропопаузи. Вісь СТ зазвичай знаходиться нижче високої і холодної

тропопаузи антициклонічної периферії СТ і вище низької і теплої тропопаузи циклонічної периферії, при чому, в області СТ, на порівняно великій відстані (до 500 км), можуть одночасно спостерігатися дві тропопаузи (при її розриві).

Вісь струминної течії в помірних широтах зазвичай розташовується поблизу рівня вирівнювання температури теплого і холодного повітря по обидва боки осі ВФЗ, з якою пов'язана течія. Отже, вісь СТ знаходиться приблизно на рівні перетину двох кривих стратифікації в пунктах зондування зліва і справа від неї.

Зріст швидкості вітру з висотою відбувається найбільш прискорено в 2-кілометровому шарі, який прилягає знизу до рівня максимальної швидкості (рис.2). Над Атлантико-Європейським сектором в СТ помірних широт, як взимку, так і влітку, вертикальні градієнти швидкості вітру в середньому складають 5 – 7 м/с на 1 км, а над півднем Росії - до 9 м/с на 1 км. Вище осі струменя найбільш інтенсивне убування швидкості вітру відбувається в шарі завтовшки біля 1 км, який прилягає до рівня максимальної швидкості, де вертикальний градієнт в середньому складає 7 – 9 м/с на 1 км над Атлантико-Європейським сектором і біля 13 м/с на 1 км над півднем Росії. В субтропічних СТ вертикальний зсув вітру під віссю струменя складає в середньому 13 м/с на 1 км, а над віссю - 12 м/с на 1 км. В сильних СТ (зі швидкостями більше 80 м/с) вертикальні градієнти швидкості вітру часто досягають 35 - 40 м/с на 1 км.

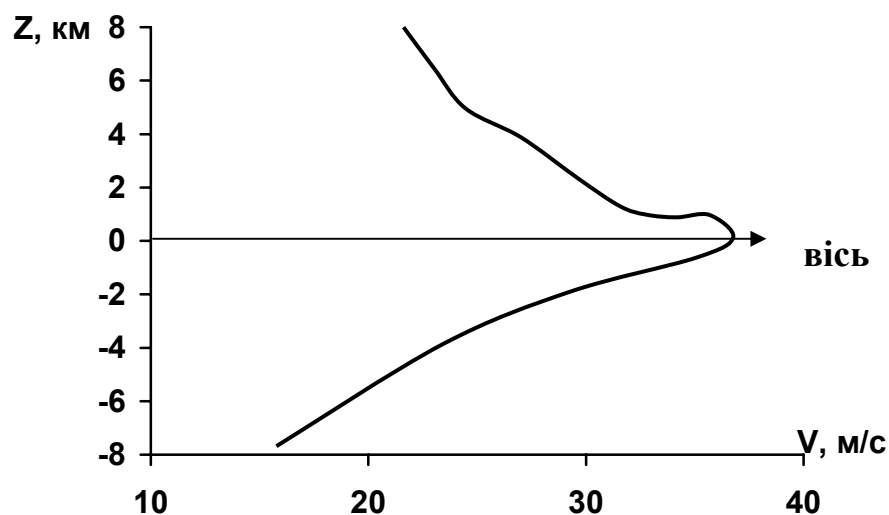


Рис. 2 - Середній розподіл швидкості вітру з висотою відносно осі струминної течії помірних широт. За В.І.Воробйовим.[3]

Прогноз висоти СТ і її інтенсивності на 2 години може бути даний за методом прогнозу висоти СТ і швидкості максимального вітру,

запропонованого Н.В. Петренко. В якості вихідних матеріалів використовуються карта максимального вітру в вихідний строк, прогностичні карти АТ-500 і АТ-300 і результати прогнозу горизонтального переміщення осі СТ. Точки, для яких проводиться обчислення значення висоти СТ і швидкості на її осі, вибираються на прогностичній осі.

Спосіб прогнозу оснований на використанні залежностей між швидкістю вітру на осі СТ і швидкістю вітру на нижче - і вище розташованих ізобаричних поверхнях.

Якщо в вихідний момент $H_{\max} < H_{300}$, то:

$$H_{\max} = \frac{V_{300} - V_{500} + \Gamma_{300} H_{300} + \Gamma_{500} H_{500}}{\Gamma_{500} + \Gamma_{300}}, \quad (4)$$

$$V_{\max} = \frac{V_{300} + V_{500} \frac{\Gamma_{300}}{\Gamma_{500}} + 3,6\Gamma_{300}}{1 + \frac{\Gamma_{300}}{\Gamma_{500}}}. \quad (5)$$

де H_{\max} і V_{\max} - прогностичні значення відповідно висоти в гп.км і швидкості максимального вітру в м/с; H_{500} і H_{300} - прогностичні значення геопотенціалу висот поверхонь 500 і 300 гПа в гп.км; V_{500} і V_{300} - прогностичні значення швидкості вітру в м/с; Γ_{500} і Γ_{300} - абсолютні значення вертикальних градієнтів (зсувів) вітру в м/с на 1 гп.км, між рівнем максимального вітру і поверхнями 500 і 300 гПа.

Середні значення Γ_{500} і Γ_{300} визначають за графіком - рис.4, де поверхні 500 гПа відповідає крива 1, а 300 гПа - крива 2.

Якщо $H_{\max} > H_{300}$, то використовуються формули:

$$H_{\max} = \frac{\Gamma_{300} H_{300} - \Gamma_{500} H_{500} - V_{300} + V_{500}}{\Gamma_{300} - \Gamma_{500}}, \quad (6)$$

$$V_{\max} = \frac{\Gamma_{300} V_{500} - \Gamma_{500} V_{300} + 3,6\Gamma_{500}\Gamma_{300}}{\Gamma_{300} - \Gamma_{500}}. \quad (7)$$

У формулах (5) і (7) коефіцієнт 3,6 являє собою різницю висот ізобаричних поверхонь 500 і 300 гПа, гп.км, за даними стандартної атмосфери.

Враховують, якщо максимальний вітер в вихідний строк спостерігається вище поверхні 300 гПа і в відповідності з прогнозом $V_{300} > V_{500}$, то через 24 години рівень максимального вітру буде вище рівня

300 гПа. У всіх інших випадках рівень максимального вітру прогнозується нижче рівня 300 гПа.

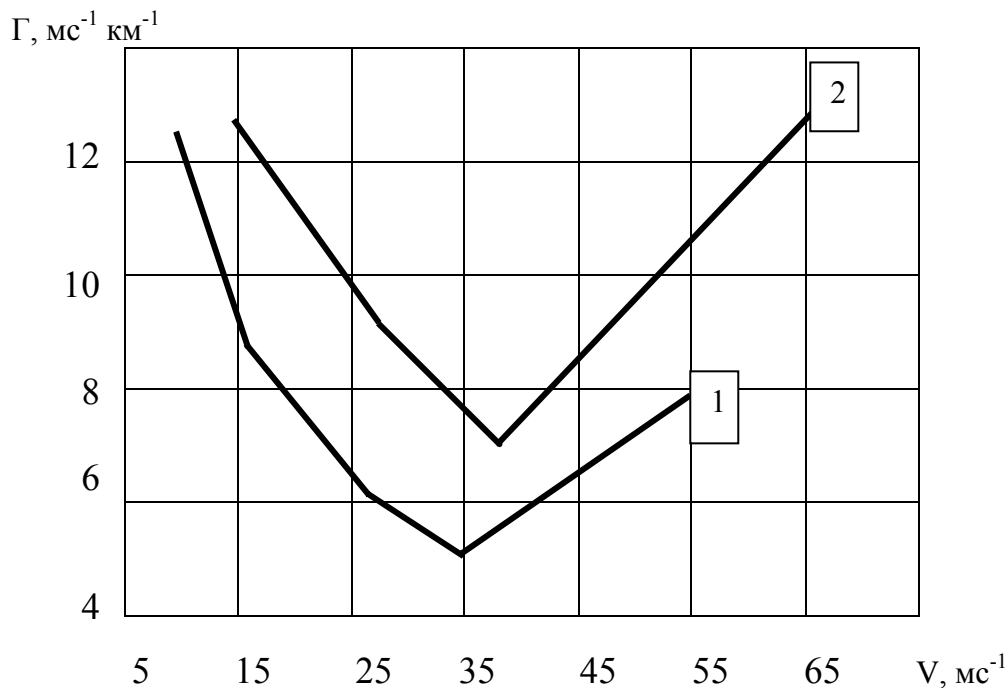


Рис. 4 - Залежність середніх значень Γ_{500} і Γ_{300} від швидкості вітру на поверхнях 500 (1) і 300 (2) гПа.

Питання для самоперевірки студентів

1. Назвати параметри СТ.
2. Вказати на зв'язок СТ з ВФЗ.
3. Як здійснюється прогноз висоти і швидкості СТ?

Зміст завдання: Дати прогноз H_{\max} і V_{\max} на 24 години.

Вихідні матеріали:

1. Карта максимального вітру (Додаток 2)
2. Результати прогнозу горизонтального переміщення осі СТ (табл.2).

Рекомендації до виконання завдання: Порядок розрахунку пояснимо на прикладі за 00 СГЧ 02.12.2005р. (Додаток 2)

1. Карти за 00 СГЧ 03.12.2005р. рахувати прогностичними.

2. За результатами обчислень H_{\max} і V_{\max} у вказаних пунктах побудувати прогностичну карту максимального вітру і провести вісь СТ.

Техніка розрахунку:

1. Положення характерних точок 1 – 9 за новими координатами (табл.2), переносять на карти АТ-500 і АТ-300 гПа за 00 СГЧ 03.12.2005р.

Знімають значення геопотенціалу H_{500} і H_{300} і швидкості вітру V_{500} і V_{300} .

2. За графіком на рис.2 по величинам V_{500} і V_{300} знаходять Γ_{500} і Γ_{300} .

3. Підставляючи знайдені значення H_{500} , H_{300} , V_{500} , V_{300} , Γ_{500} , Γ_{300} у відповідні формули, вираховують величини H_{\max} і V_{\max} .

Звітний матеріал:

1. Заповнена табл.3.
2. Побудована прогностична карта максимального вітру.

Таблиця 3 - Прогноз H_{\max} і V_{\max}

№	координати		V_{500}	V_{300}	H_{500}	H_{300}	Γ_{500}	Γ_{300}	H_{\max}	V_{\max}
	φ° прогн	λ° прогн	мс ⁻¹		гП.кМ		мс ⁻¹ км ⁻¹		кМ	мс ⁻¹
1	47,2	35,8	27	50	5,6	9,2	6,0	9,0	9,3	49
2	48,9	38,0	30	55	5,6	9,1	6,1	11,0	9,3	53
3	49,5	40,8	15	45	5,5	9,1	9,0	8,5	9,0	48
4	51,8	42,8	15	40	5,5	9,0	9,0	7,5	8,6	44
5	51,8	46,9	15	15	5,5	9,0	11,0	12,5	7,3	35
6	51,2	51,0	14	15	5,5	8,9	9,2	12,5	6,1	34
7	49,6	55,6	10	15	5,5	9,1	9,2	12,5	7,7	32
8	48,2	58,4	-	-	-	-	-	-	-	-
9	46,0	60,7	-	-	-	-	-	-	-	-

ЗАВДАННЯ 3

Визначення параметрів струминної течії

Детальний аналіз розподілу вітру в струминних течіях оснований на побудові вертикального профілю вітру за даними температурно-вітрового зондування атмосфери. В авіаційних прогнозах погоди про струминну течію необхідно вказати напрям вітру, його максимальну швидкість на осі струменя, висоту осі і товщину СТ (висоту верхньої і нижньої межі струменя). Таку інформацію про СТ можна з'ясувати, використовуючи метод прогнозу Е. Рейтера.

Е.Рейтер запропонував за даними зондування атмосфери в довільному масштабі побудувати графік, вихідними даними для якого є висота поверхні і швидкість вітру (рис.5). Усі точки з вихідною інформацією послідовно з'єднуються між собою відрізками прямих ліній, при чому побудова цієї ламаної лінії ведеться як зверху, так і знизу (від верхньої точки вниз і від нижньої точки вгору). Кожна гілка лінії проводиться до одного з двох максимальних значень швидкості вітру. Ці значення не з'єднуються між собою відрізком прямої, а побудова робиться таким чином, як вказано на рис.5 (по прямій продовжується «останній» нижній і верхній відрізок ламаної до їх перетину). Ця точка перетину вкаже на висоту осі СТ, максимальну швидкість на осі СТ, а різниця у висотах точок E і D дає уяву про товщину СТ.

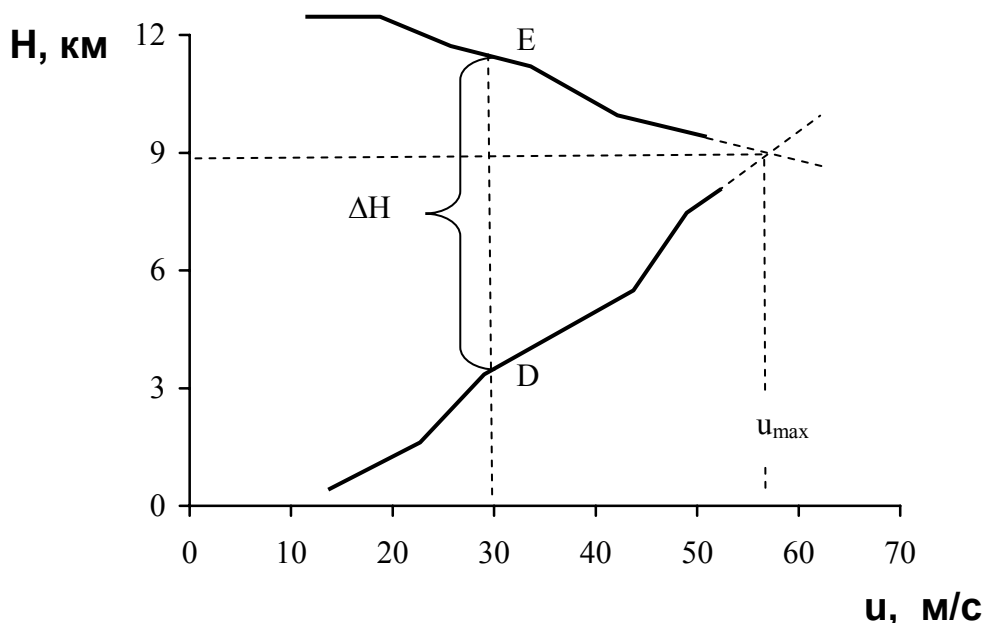


Рис.5 – Визначення максимальної швидкості вітру, висоти осі і потужності струминної течії

Питання для самоперевірки студентів

1. Як можна визначити параметри СТ за методом Е.Рейтера?
2. Яка інформація про СТ наноситься на авіаційні карти?

Зміст завдання: Визначити параметри струминної течії.

Вихідні матеріали:

1. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери (Додаток 3).
2. Бланк для побудови вертикального профілю.

Техніка розрахунку:

1. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери (додаток) розкодувати за допомогою коду КН-04 і записати у формі таблиці:

Таблиця 4 – Дані температурно-вітрового зондування атмосфери

Н, км	р, гПа	Т, °С	D, °С	dd, °	ff, м/с

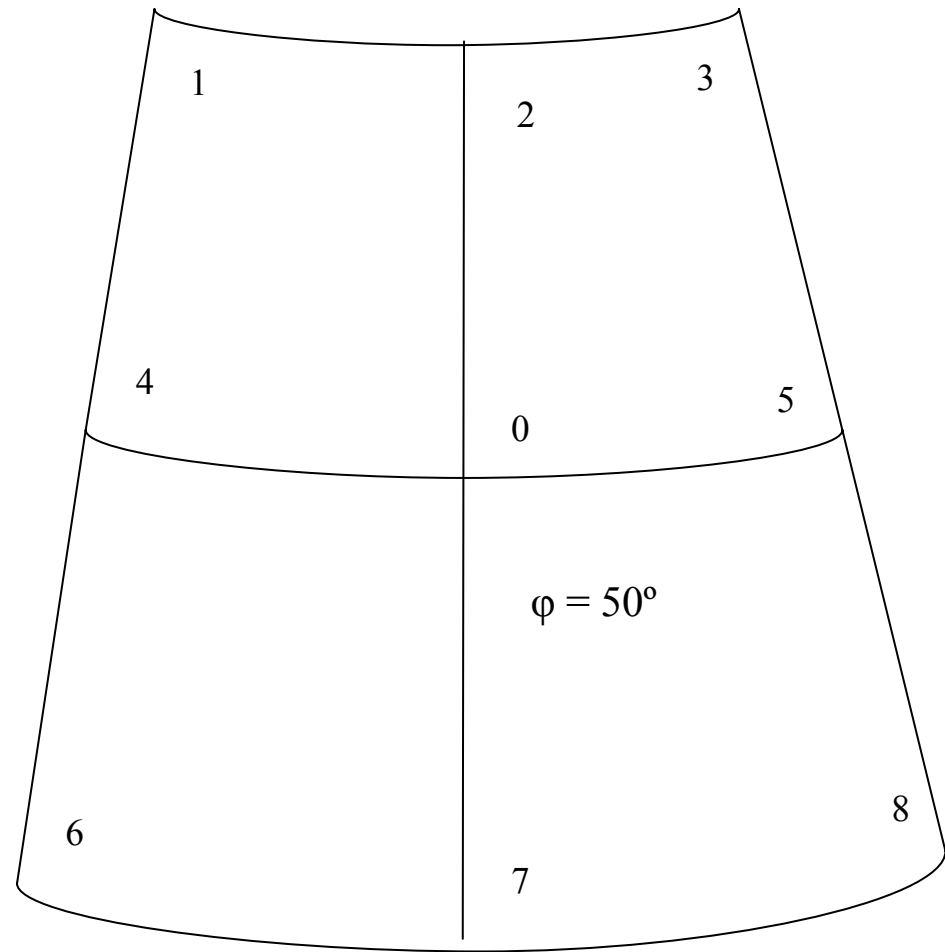
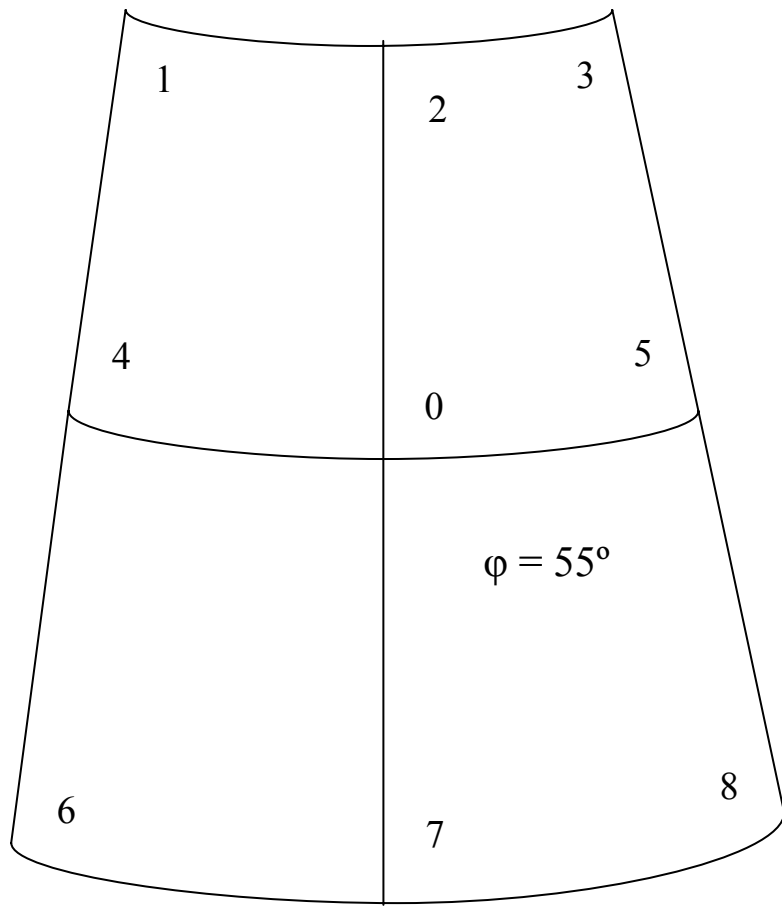
2. Побудувати графік для прогнозу СТ за методом Е.Рейтера. Вертикальний профіль швидкості вітру побудувати на бланку або окремому аркуші у масштабі: по вертикалі 1 см – 1 км, по горизонталі 1 см – 5 м/с. На профілі виділити чотири точки, в яких спостерігаються найбільші значення швидкості вітру. Ці точки попарно з'єднати відрізками прямих ліній і продовжити їх до перетину. Координати точки перетину на графіку вкажуть максимальну швидкість вітру і висоту осі СТ. Товщину СТ визначити за різницею висот в точках Е і D.

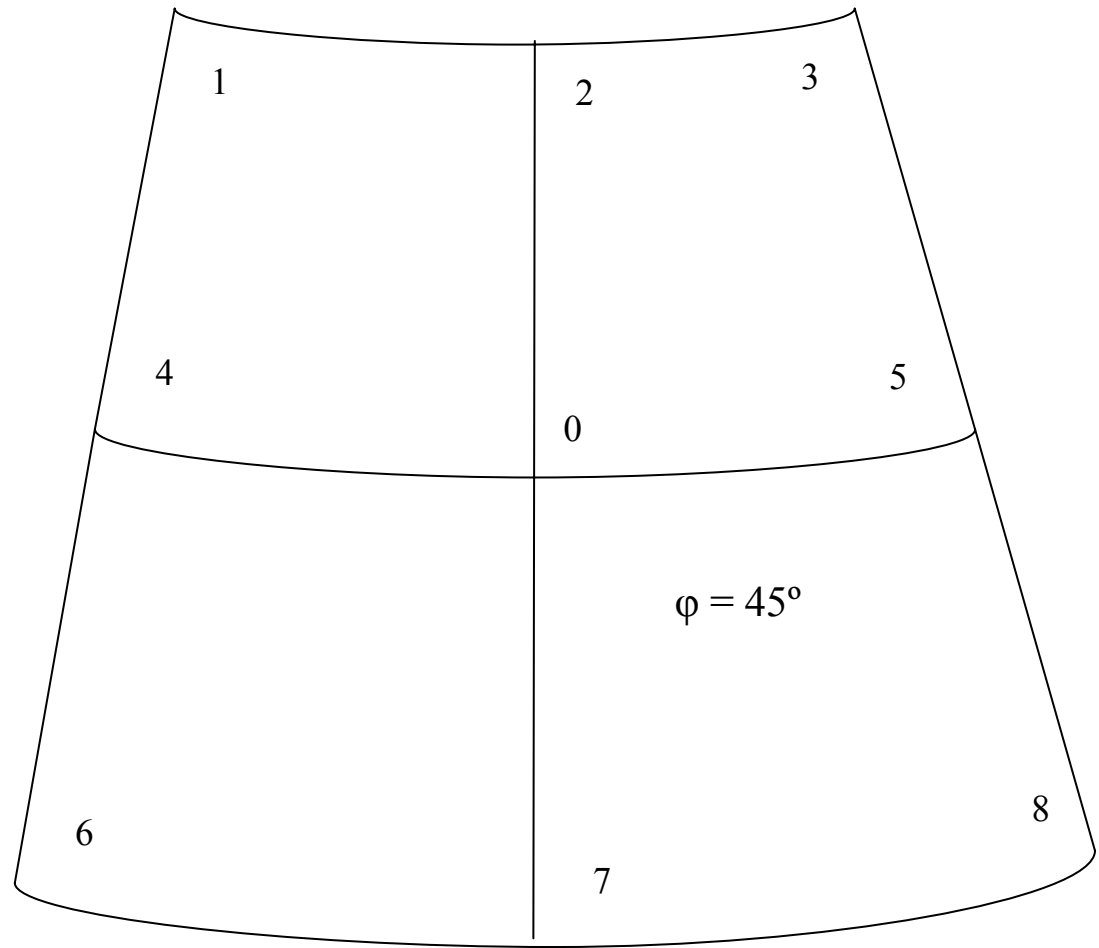
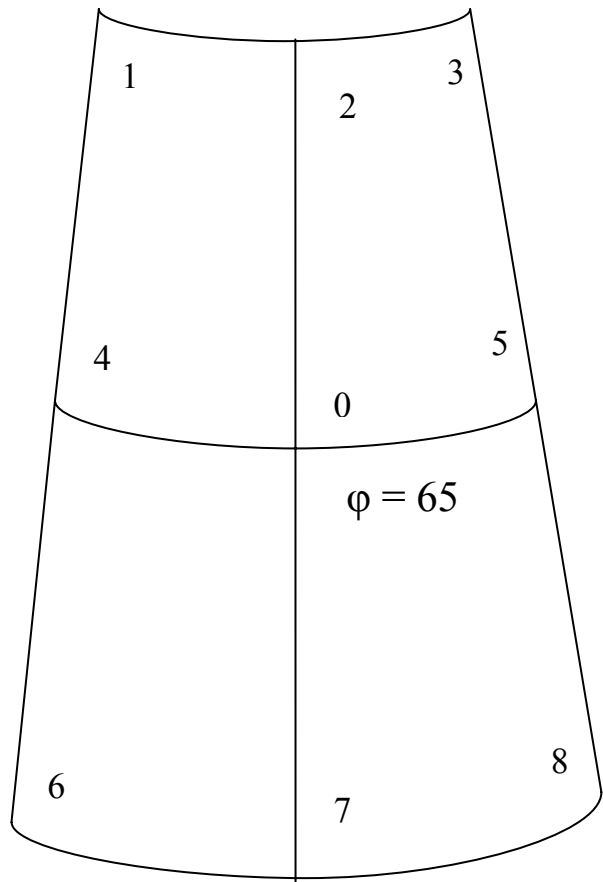
Звітний матеріал:

1. Заповнена табл.4.
2. Побудований вертикальний профіль вітру з виділеними параметрами струминної течії.

ДОДАТОК 1

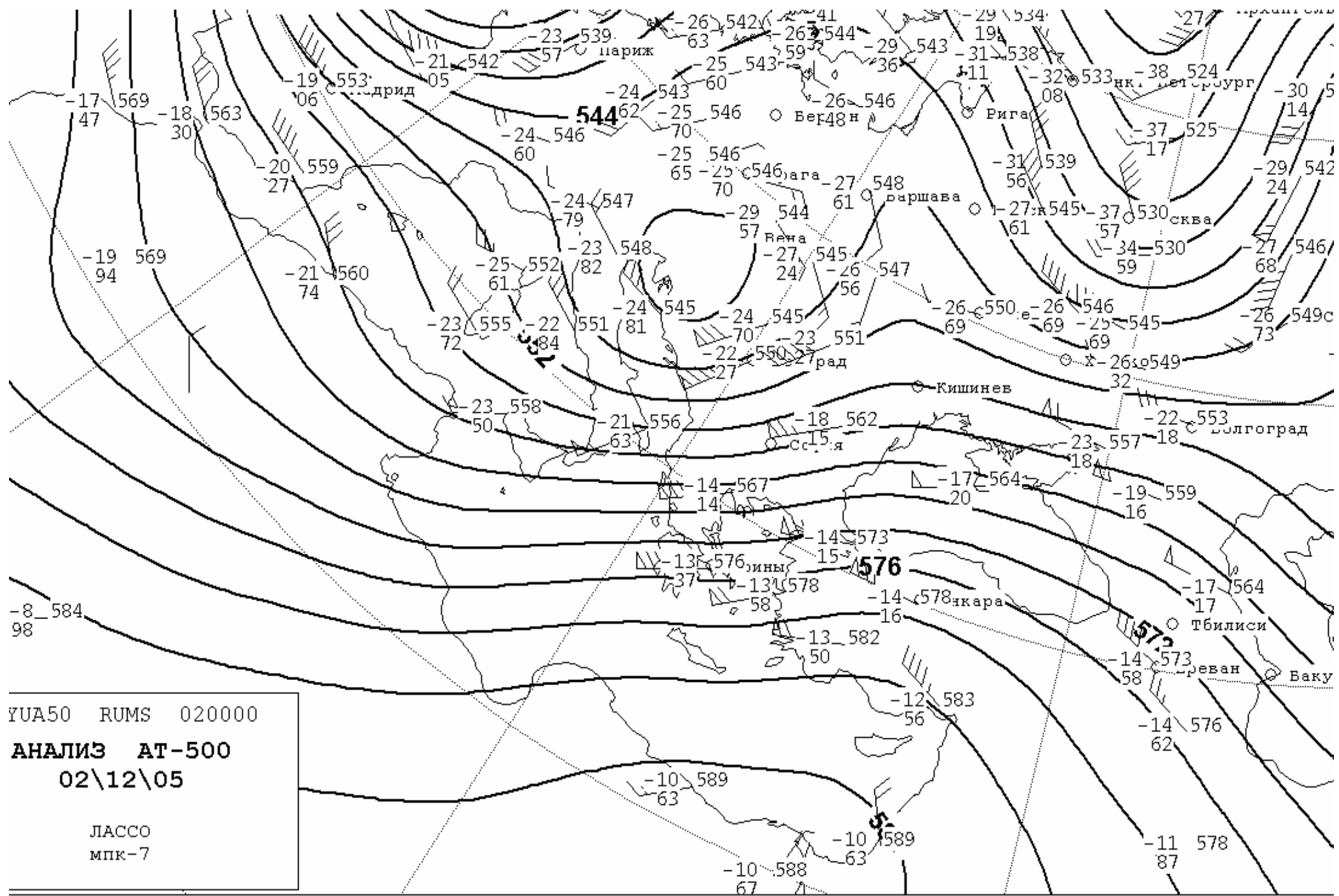
Палетки для розрахунку

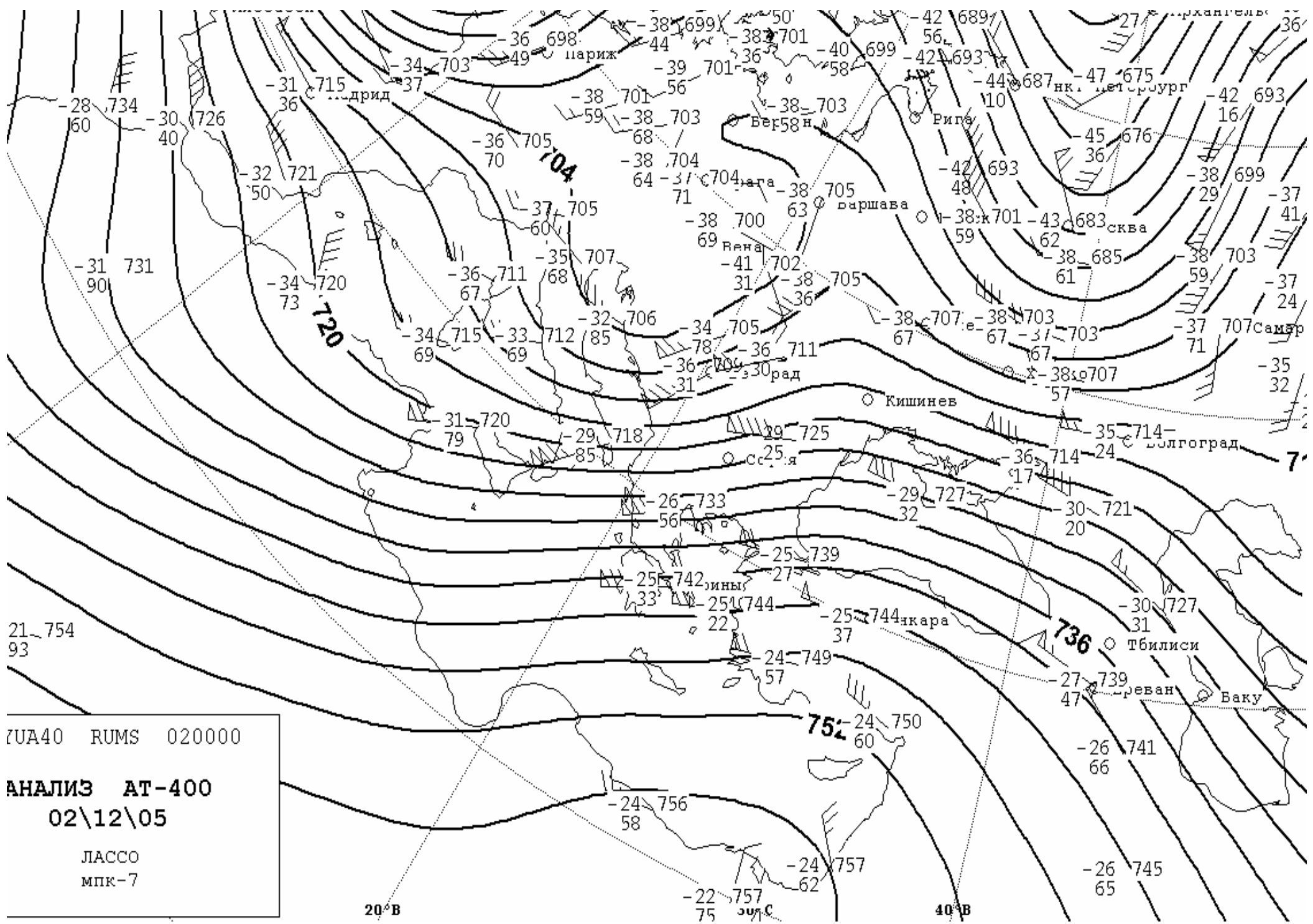




ДОДАТОК 2

СИНОПТИЧНІ КАРТИ ПОГОДИ
(приземні, АТ-500, АТ-400, АТ-300, максимального вітру, МРЛ)

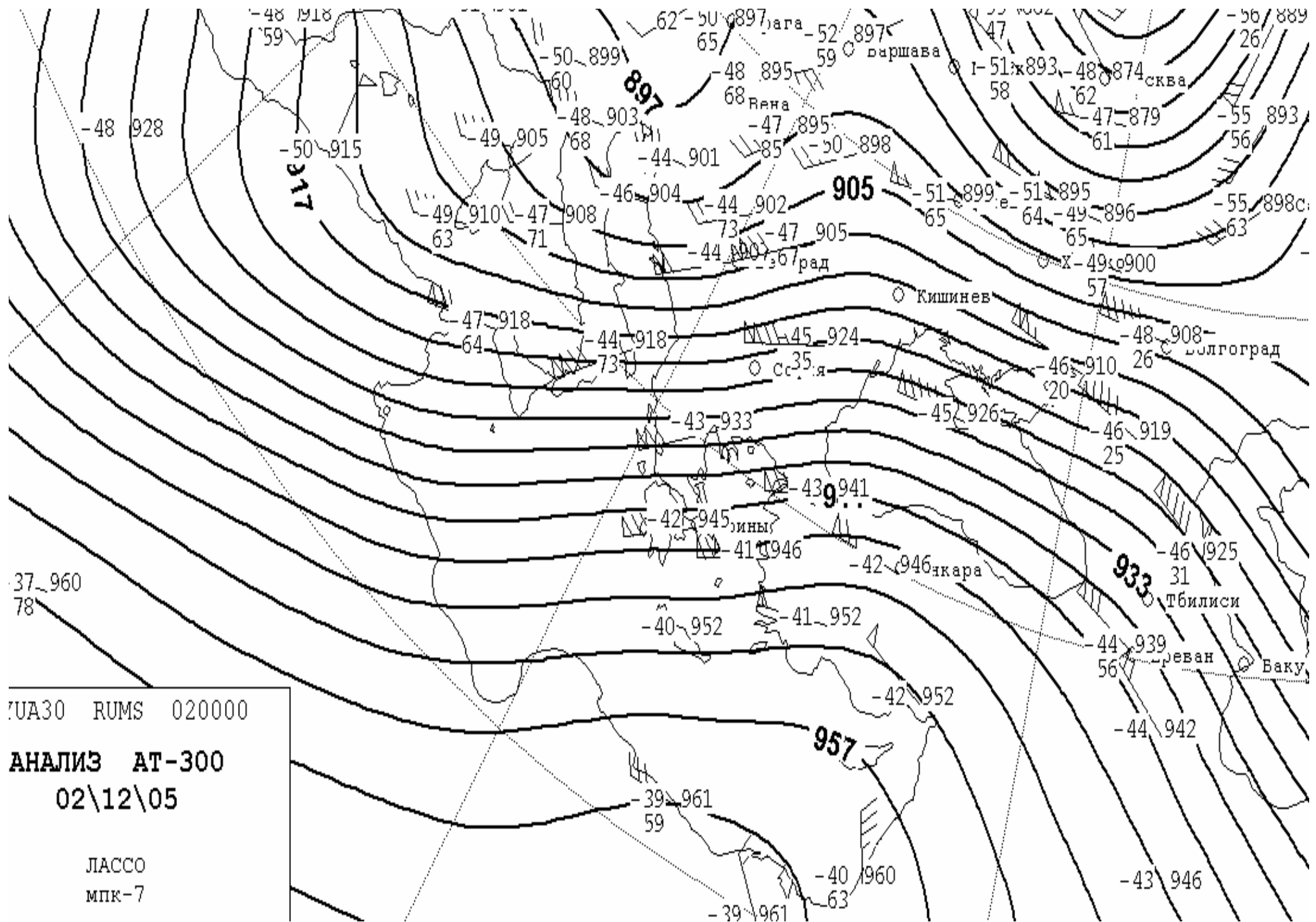


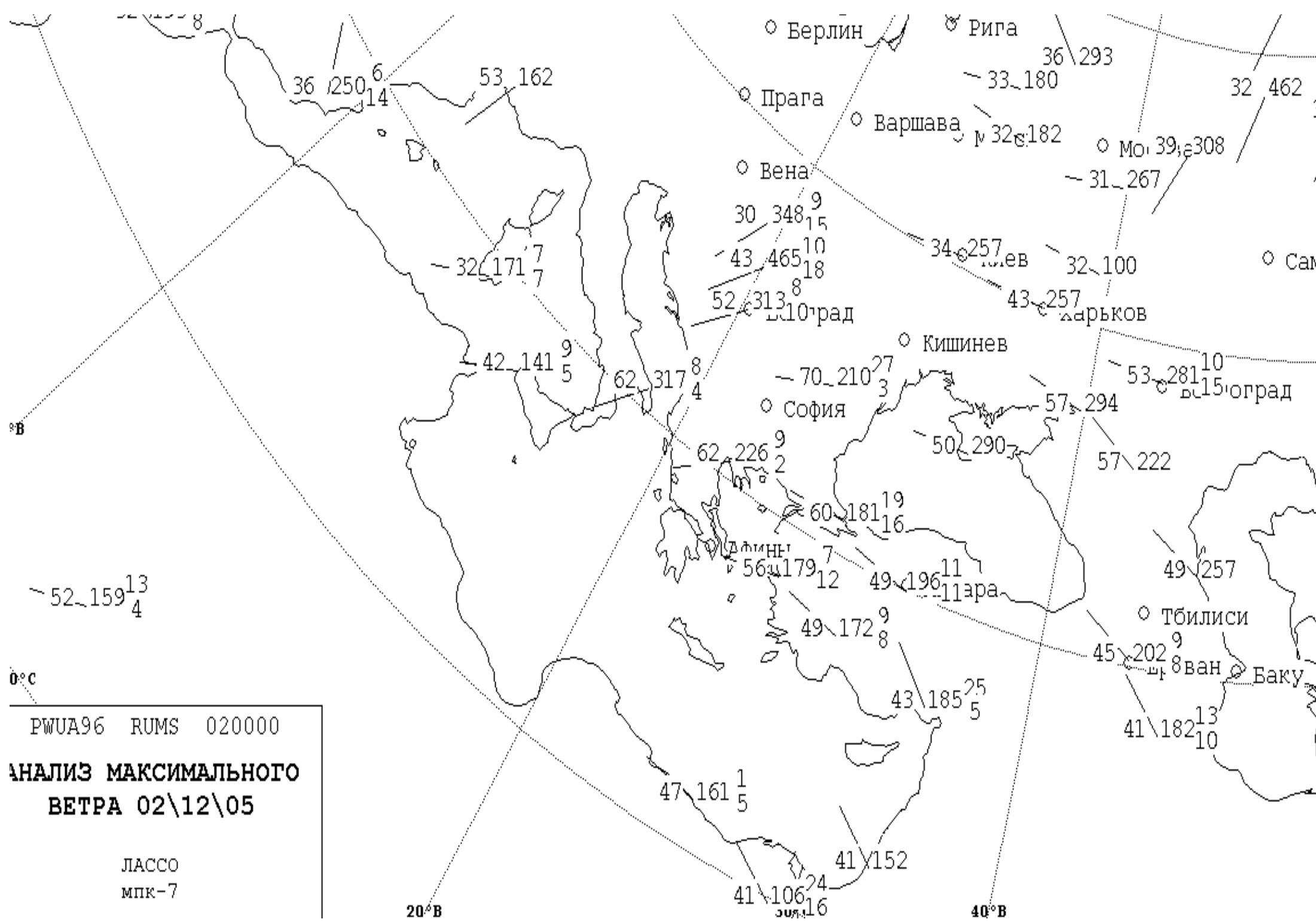


ZUA40 RUMS 020000
АНАЛИЗ АТ-400
02\12\05
 ЛАССО
 МПК-7

20°В

40°В





PWUA96 RUMS 020000
**АНАЛИЗ МАКСИМАЛЬНОГО
 ВЕТРА 02\12\05**
 ЛАССО
 мпк-7

36 250⁶₁₄

53 162

○ Берлин

○ Рига

36 293

33 180

32 462

○ Прага

○ Варшава

32 182

○ Мо. 39 308

31 267

○ Вена

30 348⁹₁₅

43 465¹⁰₁₈

34 257

32 100

○ Сам

32 171⁷₇

52 313⁸₁₀рад

43 257

32 100

○ Кишинев

70 210²⁷₃

53 281¹⁰₁₅оград

○ София

57 294

57 222

42 141⁹₅

62 317⁸₄

62 226⁹₂

50 290

49 257

52 159¹³₄

60 181¹⁹₁₆

49 196¹¹₁₁ара

○ Тбилиси

○ ДУДЛИНЫ

56 179⁷₁₂

49 172⁹₈

45 202⁹₈ван

○ Баку

0°С

43 185²⁵₅

41 182¹³₁₀

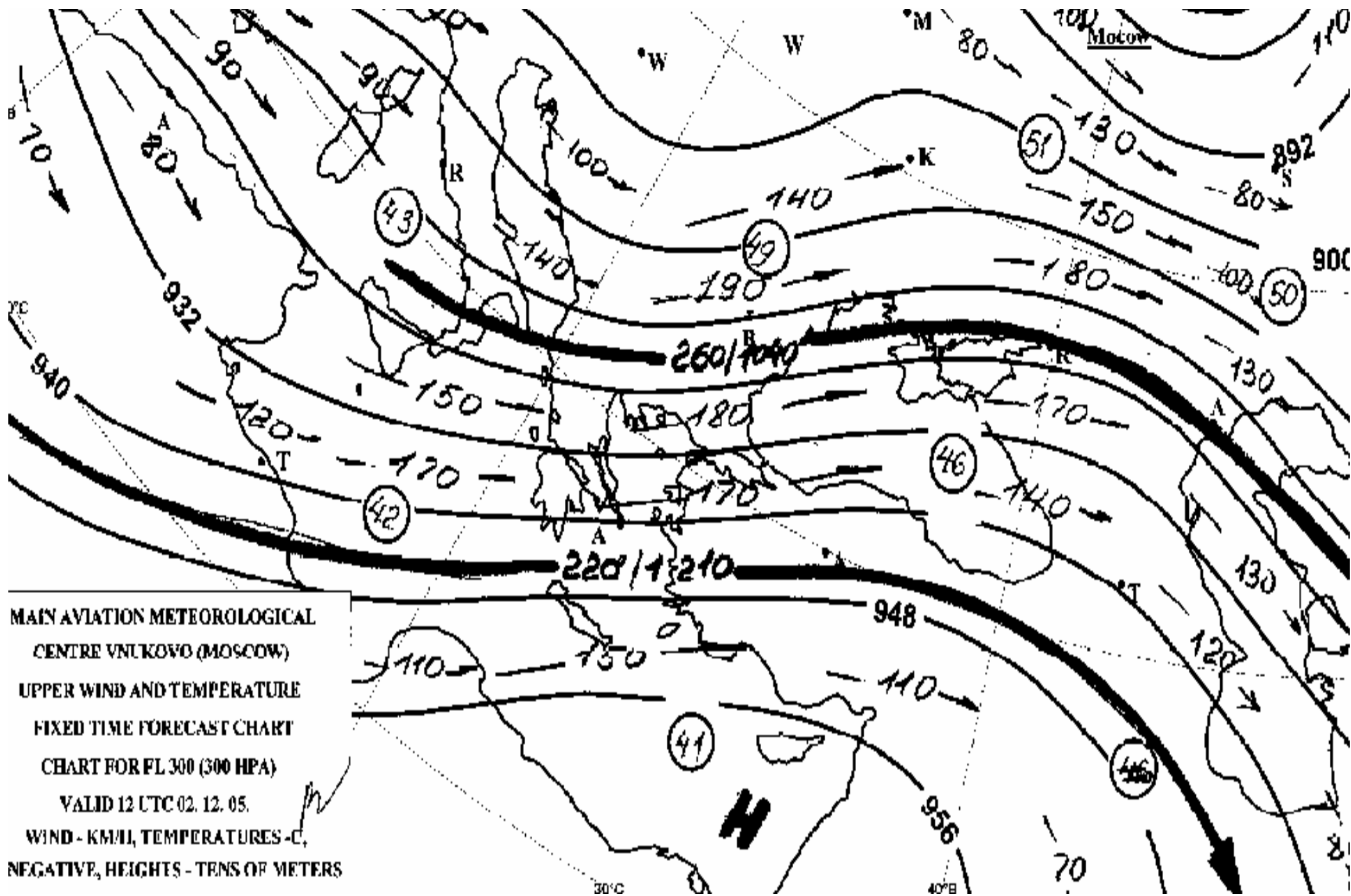
20°В

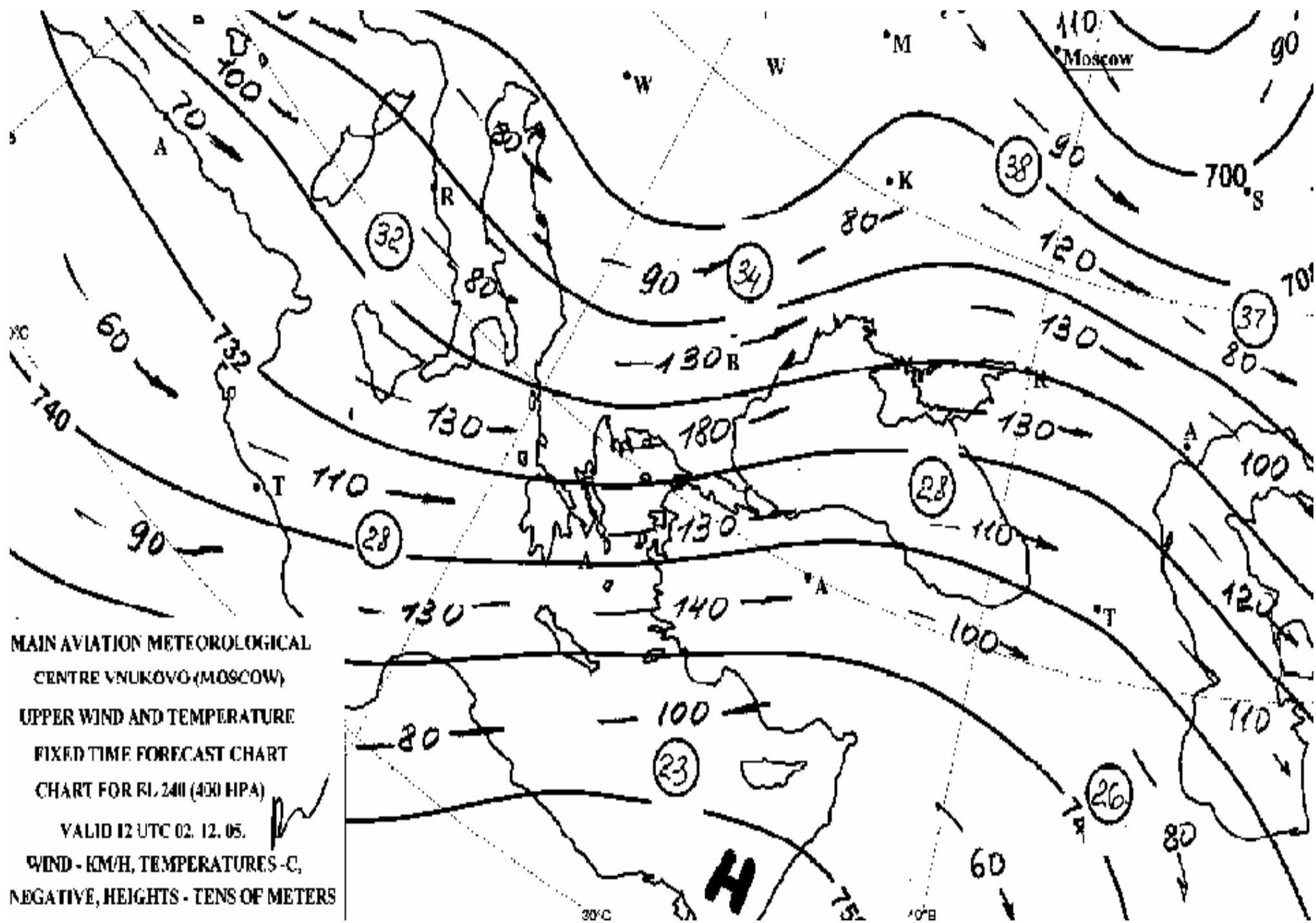
41 106²⁴₁₆

40°В

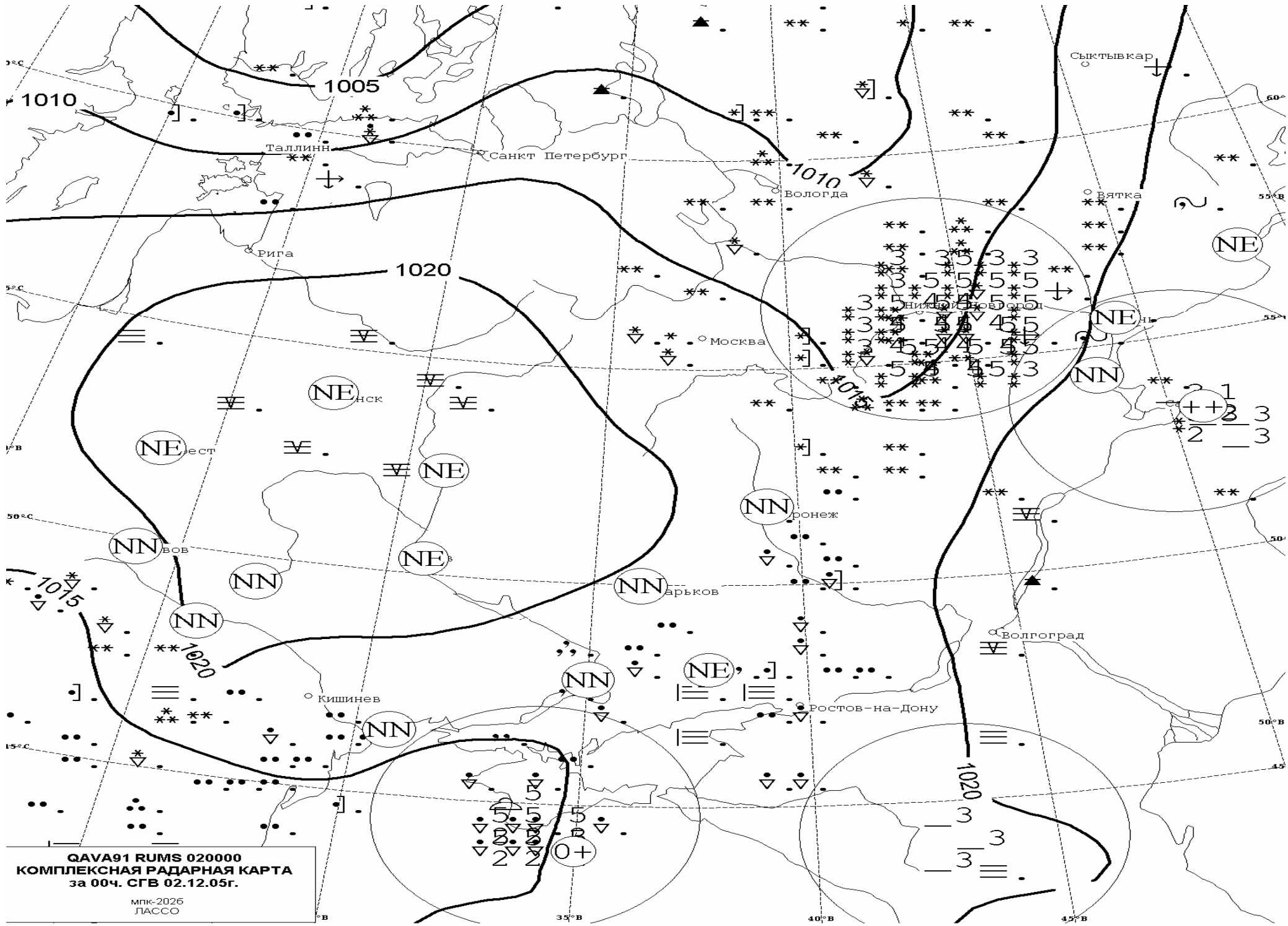
41 152

47 161¹₅





MAIN AVIATION METEOROLOGICAL
 CENTRE VNUKOVO (MOSCOW)
 UPPER WIND AND TEMPERATURE
 FIXED TIME FORECAST CHART
 CHART FOR FL 240 (400 HPA)
 VALID 12 UTC 02. 12. 05.
 WIND - KM/H, TEMPERATURES - C,
 NEGATIVE, HEIGHTS - TENS OF METERS



QAVA91 RUMS 020000
 КОМПЛЕКСНАЯ РАДАРНАЯ КАРТА
 за 00ч. СГВ 02.12.05г.
 МПК-2026
 ЛАССО

ДОДАТОК 3

Дані температурно-вітрового зондування

Варіант 1

Харків 01.07.2005

01001 34300 99990 11231 00000 00070 // // 92730 12258 29508 85430
06256 29012 70990 02363 27019 50560 14168 26033 40726 25957 26035
30928 41140 26037 25050 47150 25543 20197 47556 26532 15386 49159
26525 10650 52961 26016 88215 50556 26036 77250 25543=

Варіант 2

Київ 06.01.2005

06001 33345 99994 01635 29003 00120 // // 92750 01315 31521 85420
04935 31518 70920 15560 31015 50536 34946 30517 40689 42356 31540
30879 53556 30547 25995 56356 30038 20136 58956 30032 15318 56956
29525 88290 54556 30545 77339 31052 41107=

Варіант 3

Київ 01.07.2005

01001 33345 99991 13050 30002 00080 // // 92740 10656 32009 85440
05057 32008 70000 02166 30010 50560 17364 28525 40724 26758 28031
30926 41358 28036 25048 46958 28034 20195 46959 27529 15385 49560
27523 10648 52762 27012 88231 47958 27030 77269 28037=

Варіант 4

Шепетівка 01.07.2005

01001 33317 99979 10647 34002 00100 // // 92760 11856 35504 85460
06243 32005 70030 00567 29509 50564 15759 29020 40729 25161 28522
30933 38157 28528 25056 47350 28527 20203 48350 28032 15391 49158
27526 10655 54360 27515 88234 48750 28029 88101 54160 27515 77200
28032=

Варіант 5

Харків 19.02.2001

19002 34300 99988 00922 20004 00050 // // 92670 04720 22510 85330
08915 21510 70800 19512 23516 50524 34117 23523 40677 45323 24529
30863 57522 25032 25978 55127 25020 20122 52537 27015 15309 541// 10567
583// 88306 57520 25035 77331 24537=

Варіант 6

Шепетівка 05.01.2005

05001 33317 99995 00603 17006 00037 // // 92665 00801 24514 85342
01901 28015 70868 09104 28019 50540 25547 30023 40699 35340 30030
30893 49356 30034 25011 57760 30044 20148 67946 29546 15323 61571
30527 10573 63972 29525 88185 69744 29045 88139 65170 30030 77223
29548 40504=

Варіант 7

Сімферополь 19.02.2001

19001 33946 99976 02431 20006 00078 // // 92710 00022 21012 85386
03913 21015 70895 14115 23516 50537 30116 23523 40692 407// 24028 30882
553// 25032 25997 609// 26535 20138 511// 27027 15324 521// 27515 10583
575// 27517 88249 611// 26535 88120 567// 27514 77250 26535 40206=

Варіант 8

Шепетівка 19.02.2001

19001 33317 99977 03119 31506 00090 // // 92700 09118 33511 85360
13121 35515 70810 21923 00519 50520 39713 02530 40669 47518 02032
30858 50942 36017 25977 50356 35018 20122 50158 35515 15308 53159
33517 10569 57360 34013 88412 47113 02035 77412 02035 40209=

Варіант 9

Львів 19.02.2001

19001 33393 99977 03142 34020 00146 // // 92762 07132 // 85417 11529
00522 70879 20721 00525 50529 38129 02530 40679 467// 02541 30868 503//
02036 25986 525// 01529 20131 509// 01523 15317 529// 36015 10576 567//
34515 88377 485// 02545 77377 02545=

Варіант 10

Львів 01.04.2005

01001 33393 99991 01150 07004 00258 // // 92875 01757 08007 85543
07950 06505 70048 13165 07511 50554 29362 07019 40710 411// 07024 30900
541// 07034 25016 609// 06028 20156 579// 04018 15338 585// 02014 10592
617// 01512 88244 613// 05527 88104 625// 01511 77295 07035=